
3 3433 06273759 2





3-VHA
Annales



ANNALES

3-VHA

~~1944~~

ÀI

SU

E

ÉDI

Publiée

Caen

A Lo

ANNALES DES MINES,

OU

RECUEIL DE MÉMOIRES

SUR L'EXPLOITATION DES MINES,

Et sur les Sciences qui s'y rapportent;

RÉDIGÉES PAR LE CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES;

Publiées sous l'autorisation du Conseiller d'État, Directeur général des Ponts-et-Chaussées et des Mines.



TOME TROISIÈME.

ANNÉE 1818.

CHEZ TREUTTEL et WURTZ, Libraires, rue de Bourbon, N°. 17; et même Maison de commerce,

A LONDRES, 30 Soho-Square; et à STRASBOURG, rue des Serruriers, N°. 3.

1818.

AVERTISSEMENT.

Les *Annales des Mines* paraissent de *trois en trois mois*, par livraisons de sept à huit feuilles d'impression chacune, avec des planches. Voyez l'*Avertissement* placé au commencement du volume de 1816, formant le tome Ier. de la collection des *Annales des Mines*.

NOTICE

Sur plusieurs substances minérales récemment découvertes, et qu'on a nommées Albin, Egéran, Gehlénite, Helvin, Pélium, Pirgom *et* Tantalite.

Par M. Louis CORDIER, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines.

M. Haüy a reçu, il y a quelque temps, des échantillons assez bien caractérisés de plusieurs substances minérales qu'on a récemment découvertes, soit dans la vallée de Fassa, en Tyrol, soit en différentes parties de l'Allemagne. Ces substances sont arrivées décorées de noms particuliers, comme si elles appartenaient à des espèces tout-à-fait nouvelles. L'une d'entre elles, appelée *Fassaïte*, a déjà été examinée par M. Haüy, qui n'y a trouvé qu'une variété du pyroxène (1). Les autres, qu'on a nommées *Albin*, *Egéran*, *Gehlénite*, *Helvin*, *Pelium*, *Pirgom* et *Tantalite*, paraissent réclamer un examen non moins sévère. M. Haüy, après avoir eu la bonté de me communiquer ses échantillons, et les résultats qu'une première étude lui a offerts, m'a permis de publier cette notice, à laquelle je désire que les minéralogistes français trouvent quelque intérêt, en attendant que les échantillons des substances dont il s'agit soient devenues moins rares, et que M. Haüy ait eu le

(1) Voyez le mémoire de M. Haüy, intitulé : *Observations sur une substance minérale, à laquelle on a donné le nom de* Fassaïte. *Annales des Mines*, tome II (1817), page 165. Ce mémoire se trouve aussi dans les *Annales du Muséum d'Histoire naturelle*.

temps de réunir et de publier lui-même des observations plus complètes et plus décisives.

De l'Albin.

Ce minéral, ainsi nommé par Werner à cause de sa belle couleur blanche, a été trouvé à Mariaberg, près d'Aussig, dans une lave phonolitique (*klingstein*), qui fait partie du grand système volcanique démantelé de la Bohème. Il se présente en amas géodiques, qui tapissent ou remplissent plus ou moins parfaitement les cavités bulleuses de la lave, cavités qui ont jusqu'à 5 à 6 centimètres de diamètre. Le tissu de ces amas est grano-lamellaire, à grains assez petits (2 à 3 millimètres), et fortement adhérens. Les grains superficiels se montrent cristallisés en prismes droits, à base carrée, terminés par une pyramide surhaussée et épointée, dont les faces naissent sur les arêtes du prisme. Leur structure est imparfaitement lamelleuse, excepté dans le sens des bases où la division est plus nette. La cassure des grains offrent aussi un sens de division plus net, et que son éclat un peu nacré rend très-sensible. Les grains et les cristaux sont d'un blanc mat et opaque. M. Haüy s'est assuré qu'en les mettant à froid dans l'acide nitrique, ils se résolvaient en gelée au bout de quelques jours, et qu'en chauffant, cet effet avait lieu de suite. M. de Monteiro, dans sa correspondance avec M. Haüy, lui annonce qu'il a reconnu tous les caractères géométriques de la mésotype épointée (1) dans

(1) *Traité de minéralogie* de M. Haüy, tome III, p. 154.

L'expression de cette variété est $\left\{ \begin{matrix} M\ \overset{\frac{2}{2}}{A}\ P \\ M\ s\ P. \end{matrix} \right.$

les cristaux d'*albin*; j'ajouterai que la comparaison des autres caractères paraît confirmer pleinement l'identité. L'opacité et la couleur matte de l'*albin* tiennent probablement à un faible commencement de décomposition; on sait que les mésotypes radiées de Ferroë et d'Auvergne présentent fréquemment ces deux sortes d'altérations accidentelles. Les plus grandes probabilités se réunissent donc pour faire croire que le minéral de Mariaberg n'est qu'une variété de mésotype. Il est sans doute plus prudent de se ranger à cette opinion, que d'introduire dans la méthode une espèce nouvelle, dont la création repose sur quelques nuances particulières d'éclat, de couleur et de transparence.

De l'Egéran.

Ce minéral a été découvert à Eger, en Bohème, d'où Werner lui a donné son nom. Sa gangue est un quarz gris, recouvert en partie d'amphibole blanc (*trémolite*). Il se présente en cristaux de 4 à 5 millimètres de côté, d'un brun foncé, opaques, ou très-faiblement translucides sur les angles. Leur forme est un prisme droit rectangulaire, ayant chaque arête longitudinale, remplacée tantôt par une facette inclinée de 135 degrés sur les deux pans adjacens, tantôt par trois facettes, dont la précédente tient le milieu. La division mécanique indique très-distinctement un clivage parallèle aux quatre pans principaux et aux bases. Si on veut appliquer *la loi de symétrie* à ces données, et si on les fortifie de l'examen des autres propriétés, notamment celle de fondre en scorie noire, on est conduit à prononcer, sans hésiter,

que cette prétendue espèce nouvelle appartient au même type spécifique que l'idocrase (*vésuvienne* de Werner). Ce résultat ne pouvait échapper à un minéralogiste aussi exercé que M. de Monteiro, et je ne fais ici que me ranger à l'opinion qu'il avait exprimée à M. Haüy dans sa correspondance.

De la Gehlénite.

Ce minéral a été ainsi nommé, je crois, par M. Fuchs, en mémoire de Gehlen, chimiste malheureusement trop célèbre de Munich, qui est mort il y a environ deux ans, victime des suites d'une expérience sur le gaz hydrogène arsenié. M. Léonhard, dans son *Annuaire* de 1817, donne une très-bonne description de cette nouvelle substance, et indique celle qui a été publiée avant la sienne, par M. Fuchs, dans le vol. XV du *Journal de chimie* de Schweigger.

La *gehlénite* a été découverte au mont Monzoni, dans la vallée de Fassa en Tyrol, par M. Frichholz, marchand de minéraux à Munich. Elle se présente en cristaux rectangulaires, ayant environ 4 à 5 millimètres de côté, et qui sont tantôt groupés et imbriqués les uns sur les autres, et tantôt disséminés dans une chaux carbonatée, blanche, laminaire, qui leur sert de gangue. La forme des cristaux est un prisme droit à base carrée, presque tabulaire, n'offrant d'ailleurs aucunes facettes additionnelles, quoique les arêtes ne soient pas très-vives. Leur couleur varie entre le gris-jaunâtre, le vert olive, le gris-verdâtre et même le blanc-verdâtre. Leur surface présente quelquefois une teinte superficielle, d'un gris-bleuâtre; on la voit aussi,

mais rarement, tachetée par le mélange des couleurs précédentes : du reste, cette surface est matte, presque toujours un peu rude au toucher, et par-fois comme corrodée, ou inégalement salie par un enduit terreux d'un blanc-grisâtre. Les cristaux sont opaques, ou un peu translucides sur les angles. Ils rayent fortement le verre, et sont rayés par le quarz. Ils sont moins fragiles que cette dernière substance. La cassure est inégale, passant à l'écailleuse; elle offre des indices de lames parallèlement aux pans du prisme, et sur-tout parallèlement aux bases; son éclat est faible, et même un peu gras dans tous les sens obliques aux faces de la forme primitive. La pesanteur spécifique de la *gehlénite* s'élève, d'après M. Léonhard, à 2,98; au chalumeau, elle fond assez facilement en un verre translucide, d'un brun-jaunâtre, qui noircit, et devient promptement opaque et bulleux, si on chauffe hors du cône intérieur de la flamme.

Suivant M. Fuchs, la *gehlénite* est composée ainsi qu'il suit :

Silice	29,61
Alumine	24,80
Chaux	35,30
Oxide de fer	6,56
Perte par la calcination	3,30
	99,57

Il est à remarquer que les cristaux sont fréquemment traversés par des vénules de chaux carbonatée. En outre, leur surface adhère fortement à la gangue, et en paraît souvent comme pénétrée jusqu'à une certaine profondeur, ce

qui fait naître l'apparence d'une écorce, ayant une teinte un peu moins foncée que celle de l'intérieur. Une seconde circonstance porte à croire que les cristaux contiennent en effet une certaine quantité de gangue calcaire intimement mélangée; c'est la simplicité de la forme constante qu'ils affectent. On sait qu'en général l'interposition d'un principe étranger a la composition chimique des minéraux terreux, rend la forme des cristaux d'autant plus simple, que ce principe est plus abondant: la prehnite et l'axinite en offrent de beaux exemples. D'après ces considérations, il est à présumer que dans l'analyse précédente la perte par la calcination a été en grande partie occasionnée par un dégagement d'acide carbonique, et non par une vaporisation d'eau ou d'autres matières volatiles inconnues. Si on admet cette supposition très-probable, il faudra diminuer la quantité de chaux obtenue d'environ un huitième, fraction correspondante à la portion qui doit être mélangée à l'état de chaux carbonatée. Alors on trouvera que la *gehlénite* est, à très-peu de chose près, composée comme l'idocrase. Cette induction acquerra un nouveau degré de probabilité, si on se donne la peine de comparer les propriétés physiques et géométriques des deux substances, ainsi que le caractère de fusion. On reconnaîtra qu'il n'existe entre elles que des différences extrêmement faibles, qu'on peut, avec raison, mettre sur le compte des modifications ordinaires, que les localités et les gangues diverses impriment aux individus dépendans d'un même type spécifique. Voici d'ailleurs un dernier terme d'analogie, qui pourra paraître concluant:

M. Fuchs a trouvé que la *gehlénite*, réduite en poudre impalpable, se dissolvait avec facilité dans l'acide muriatique aidé de la chaleur, et que la dissolution était susceptible de se résoudre en gelée. J'ai reconnu la même propriété dans l'idocrase de la vallée de Barrèges (Pyrénées), dont la gangue est calcaire, et je ne doute pas qu'elle ne soit commune à toutes les idocrases. Je ferai remarquer, du reste, que ce petit phénomène n'a rien de très-particulier. Les personnes qui ont essayé de traiter directement les minéraux terreux par l'acide muriatique, savent qu'on peut aisément dissoudre ceux qui ne contiennent qu'une médiocre quantité de silice, et que la présence de cette terre fait tourner en gelée la dissolution lorsqu'elle est suffisamment rapprochée, et que l'acide n'est pas concentrée.

De l'Helvin.

Le nom de cette substance lui a été donné par Werner. Elle a été découverte dans la mine de Swarzemberg, en Saxe. Sa gangue est un talc chlorite, compact, d'un vert noirâtre, tantôt clair et tantôt foncé, lequel est principalement mélangé de blende brune, de chaux fluatée limpide ou rosée, et quelque peu de cuivre pyriteux. La cassure irrégulière des masses laisse apercevoir quelques petits dodécaèdres rhomboïdaux, qui sont composés tantôt de blende et tantôt de talc compact pseudomorphique.

L'*helvin* se montre disséminé dans cette gangue sous forme de petits cristaux (1 à 2 millimètres de côté) rares, et dont la figure la plus commune est celle d'un octaèdre irrégulier. Leur couleur est le jaune-brunâtre, tirant tantôt au

jaune-serin, et tantôt au blanc-jaunâtre; ils sont opaques ou faiblement translucides. Leur surface est lisse et assez éclatante. Ils ne rayent pas le verre; ils sont faciles à casser. La cassure n'offre aucun indice de lames; sa surface est un peu inégale, présentant un éclat faible, intermédiaire entre l'éclat gras et l'éclat vitreux; sa poussière est d'un blanc-grisâtre très-clair, et médiocrement rude au toucher. D'après quelques épreuves approximatives, faites en pesant de petits cristaux d'*helvin* contre des fragmens de substances connues, j'estime que sa pesanteur spécifique s'approche de 3. Au feu du chalumeau il fond facilement, en bouillonnant un peu, et donne un émail d'un brun-noirâtre. Il se dissout dans le verre de borax, et lui communique une teinte d'un brun violet. Avec le carbonate de soude, il produit un émail noir. Sa poussière, mise à froid dans les acides nitrique, muriatique et sulfurique, n'éprouve aucune altération.

Je suis parvenu à déterminer la forme des cristaux, malgré leur petitesse. Cette forme est très-certainement celle d'un rhomboïde aigu, tronqué aux deux sommets par une facette perpendiculaire à l'axe. Les angles-plans du rhomboïde sont d'environ 72 et 108 degrés; la facette qui remplace les sommets forme, avec chaque face adjacente du rhomboïde, un angle d'environ 105 dégrés $\frac{1}{2}$. Du reste, les dimensions des faces éprouvent des variations assez capricieuses; il en résulte des aspects forts divers, qu'on peut aisément se représenter. Ainsi, par exemple, tantôt les troncatures sont à peine sensibles et le rhomboïde devient très-distinct; tantôt elles interceptent de part et d'autre un tiers de

l'axe, et donnent un octaèdre irrégulier, dans lequel on voit seulement deux faces équilatérales, forme qui est la plus ordinaire; tantôt, enfin, trois faces du rhomboïde et une des troncatures dominent par leur étendue, ce qui produit un tétraèdre presque régulier, dont l'aspect en impose d'abord, mais qui, mieux examiné, laisse apercevoir les rudimens des facettes comprimées.

Si on combine les caractères qui se tirent de la forme de l'*helvin*, avec ceux résultans du défaut de clivage, des degrés de dureté et des épreuves au feu du chalumeau, on sera forcé de reconnaître que ce minéral n'a d'analogie réelle avec aucune des espèces déjà connues. On concevra plus aisément l'exactitude de cette conclusion, si j'ajoute que les substances, dont il rappelle l'idée au premier aperçu, se bornent à certaines variétés du schéelin-calcaire, du corrindon ou du titane-scilico-calcaire, alors que ces variétés sont opaques et revêtues des nuances de la couleur jaune.

Il ne m'a pas été possible d'avoir connaissance de la description que Werner a dû faire de l'*helvin*. Je dois supposer qu'il a poussé beaucoup plus loin que moi l'étude des caractères de cette nouvelle espèce, et qu'il a su motiver son introduction dans la méthode d'une manière bien plus positive. S'il n'en était pas ainsi, je me féliciterais d'avoir apporté de nouvelles preuves à l'appui de son opinion, et je m'empresserais de les présenter comme un hommage rendu à la mémoire de ce grand minéralogiste.

Du Pélium.

Ce minéral, ainsi nommé par Werner, a été découvert à Bodemnais, en Bavière. Sa gangue la plus ordinaire est un granite d'un blanc-grisâtre, très-abondant en feldspath. Il se présente en grains cristallisés, dont la grosseur varie de 2 à 10 millimètres; les uns sont disséminés, et les autres groupés et fortement adhérens à la gangue; les premiers sont quelquefois terminés par des facettes, et se montrent sous la forme d'un prisme hexaèdre régulier, complétement émarginé; c'est-à-dire tronqué sur toutes les arêtes, soit des bases, soit des pans du prisme. Ces dernières troncatures font un angle de 150 degrés avec chacun des deux pans adjacens; les autres ont une inclinaison de 133 degrés, 51 minutes sur les bases. M. Haüy, à qui j'emprunte ces mesures, en a conclu que la hauteur de la forme primitive était au côté de la base, dans le rapport de 9 à 10. Par sa forme, comme par tous ses autres caractères, le *pélium* se montre absolument identique, soit avec le dichroïte du cap de Gattes, tel que je l'ai décrit dans le vol. XXV du *Journal des Mines*; soit avec le dichroïte des Indes (vulgairement saphir d'eau), dont j'ai donné la description dans le tome LXXVI du *Journal de Physique*. Il ne manquait qu'un seul trait de ressemblance, celui qu'on pouvait réclamer de la propriété réfractive. Or, M. Haüy s'est assuré que le *pélium* était doué de la double réfraction, et j'ai reconnu que le dichroïte ne la possédait pas moins; ainsi nul doute sur l'identité de ces substances. Le sentiment de M. Haüy est positif à cet égard;

il s'était déjà prononcé sur le minéral de Bodemnais, dans le *Traité sur les pierres précieuses*, dont il vient d'enrichir la science (1), sans savoir que Werner en eût fait une espèce particulière.

L'*Annuaire* de M. Léonhard, pour 1817, contient une description du *pélium*, faite par M. Puschs, d'après les derniers changemens que Werner avait apportés à sa description méthodique des espèces minérales. M. Pusch ne cite d'autre patrie du *pélium* que la Sibérie et la Bavière, d'où il faut conclure que Werner en avait fait une espèce différente de son yolite. J'avoue que j'ai vainement cherché dans la description de M. Pusch les caractères distinctifs des deux substances; il m'a été impossible de découvrir autre chose que des nuances relatives à quelques propriétés extérieures, nuances qui, dans les principes de notre école, seraient insuffisantes pour établir, je ne dis pas des sous-espèces, mais même des variétés du même type. J'ai été involontairement ramené à cette réflexion générale, qu'il n'a jamais existé, et qu'il n'existe dans la méthode de Werner, aucune formule rationnelle et rigoureusement définie pour instituer les espèces. On n'y trouve qu'une formule systématique de description, très-ingénieuse sans doute, mais dans laquelle les bases de la spécification ne sont nullement indiquées, quoiqu'elles soient censées y être comprises. Cette formule, purement descriptive, place au même rang des caractères d'une importance bien différente, et d'une valeur très-disproportionnée.

(1) Pag. 47 et 242 de ce *Traité*.

Elle insiste longuement sur les propriétés fugitives et accidentelles, et mentionne à peine les propriétés essentielles et persistantes. En se confiant aveuglément à sa puissance, on parvient bien à peindre la physionomie des variétés, mais on n'arrive point à approfondir leur physiologie, seule source d'où la connaissance des véritables types spécifiques puisse dériver. L'Allemagne renferme un grand nombre de minéralogistes très-habiles, espérons qu'il s'en trouvera un qui osera faire à la formule descriptive de Werner, les modifications que réclame instamment la philosophie de la science.

Je remarquerai maintenant que l'espèce minérale dans laquelle le *pélium* doit rentrer n'a guère plus de dix ans d'existence, qu'on ne l'a encore trouvée que dans cinq localités différentes, qu'elle ne s'est présentée jusqu'à présent ni avec la contexture fibreuse, ni avec la contexture compacte, mais avec la structure régulière, c'est-à-dire douée de tous les attributs les plus caractéristiques; cependant elle figure déjà sous quatre noms particuliers, savoir ceux d'*yolite*, de *pélium*, de *saphir d'eau* et *dichroïte*, sans compter celui que M. Lucas a bien voulu proposer, et qu'il ne m'appartient pas de rappeler. Il faut convenir que si l'introduction du *pélium* dans la méthode doit être repoussée comme n'offrant rien de plausible, la dénommination de cette fausse espèce n'en restera pas moins comme une surcharge et un embarras nouveau pour la nomenclature. Cet inconvénient n'est pas sans importance. Il n'est malheureusement que trop commun; mais c'est la moindre de ceux qui résultent de l'absence de principes en matière

de spécification et des écarts inévitables de la formule purement descriptive.

Du Pirgom.

Werner a ainsi nommé la variété du pyroxène trouvée à Fassa, en Tyrol, que les minéralogistes italiens avaient déjà décorée du nom de *fassaïte*. La comparaison que j'ai faite de l'échantillon de *pyrgom* que possède M. Haüy, avec plusieurs autres parvenus récemment à Paris, m'a convaincu de ce double emploi. Il ne restera aucun doute à cet égard, si on veut prendre la peine de parcourir la description que M. Breithaupt a donnée du *pyrgom* dans une lettre insérée dans l'*Annuaire* de M. Léonhard pour 1816. Les caractères du clivage et de la forme ont été très-bien observés par l'auteur, à cela près, que, dans une cristallisation aussi difficile, il n'a pu distinguer que le système appartenait à un prisme oblique, dont la coupe transversale, au lieu d'être rectangulaire, offre des angles de 87^d 42′ et 92^d 58′, et dont les bases s'inclinent sur l'axe de 106^d 6′; système éminemment différent de celui du zircon *soustractif*, dont M. Breithaupt invoque l'analogie. J'ajouterai du reste que toutes les observations développées par M. Haüy, dans son *Mémoire sur la fassaïte*, sont applicables au *pyrgom*, et que par conséquent le minéral ainsi désigné doit être rapporté au type spécifique du pyroxène.

Du Tantalite de Bodemnais.

Je ne fais mention de la substance ainsi nommée, qu'à cause de la rareté de l'espèce déjà

connue à laquelle on la rapporte; les échantillons que j'en ai vus se présentent en grains isolés, ayant un centimètre de grosseur moyenne, et sur lesquels on observe des rudimens de cristallisation. La forme conclue d'après trois faces naturelles, et les indices très-prononcés de joints intérieurs, est un prisme droit rectangulaire. Les grains ou cristaux sont parfaitement noirs ou opaques. La cassure est inégale, assez éclatante et d'un éclat vitreux. Leur pesanteur spécifique paraît assez considérable. Il ne m'a pas été possible de pousser l'examen plus loin, et jusqu'à ce que nous ayons des échantillons plus nombreux et mieux caractérisés, il me semble qu'il faut s'en tenir aux inductions tirées des expériences de Gehlen, qui avait reconnu la présence du *tantale* dans cette substance.

SUR LES MINES DE HOUILLE,

D'ALUN ET DE COUPEROSE

De Saint-Georges, Lavencas et Fontaynes, département de l'Aveyron.

Extrait de deux rapports adressés, en 1816, à M. le directeur général des mines;

Par M. le Chevalier DU BOSC, Ingénieur au Corps royal des Mines.

EXTRAIT DU PREMIER RAPPORT (1).

CHAPITRE Ier.

Mines de Saint-Georges et Lavencas.

Aperçu topographique et géologique.

Le terrain dans lequel gisent les mines de Saint-Georges, est calcaire. La roche qui le constitue, est assez semblable en tout au *calcaire du Jura*. Ici, comme dans le Jura, cette roche peut se distinguer en plusieurs formations. Elle constitue une chaîne secondaire, assez étendue, parallèle aux Cévennes, et intercalée

(1) Ce rapport est dû en entier aux renseignemens pris par M. l'ingénieur Gardien, et lui appartient plus qu'à moi. (*Note de M. Du Bosc.*)

entre deux ramifications primitives, dont l'une va s'étendre en Languedoc, et l'autre sépare les bassins du Tarn et de l'Aveyron, aux environs de Milhau. Du reste, ce n'est pas ici le lieu de m'étendre beaucoup sur la géologie et la topographie de ces montagnes : je me bornerai à dire que les couches calcaires, dont est formée la chaîne secondaire qui porte le nom de *Larzac*, sont faiblement inclinées vers l'est, et que, sur une grande étendue, elles recèlent plusieurs couches de *houille* qui leur sont parallèles : il y a souvent deux ou trois couches de ce genre, séparées entre elles par des lits calcaires ; mais il n'y en a presque toujours qu'une qui puisse devenir l'objet d'une exploitation avantageuse.

Gisement. Ces diverses couches de houille sont encastrées entre deux lits de *schiste argilo-bitumineux*, très-*pyriteux* : l'allure des gisemens est par-tout la même.

La puissance des couches offre rarement des variations considérables. La manière dont est composé et réglé le gîte du combustible, est en général la suivante :

1°. Un *mur* (parallèle aux couches calcaires sur lesquelles il repose) de schiste argilo-pyriteux, et souvent bitumineux. Son épaisseur varie de 20 à 30 centimètres. Il est souvent mélangé de houille, et presque toujours il est partagé par une veine de ce combustible, épaisse de 5 à 10 centimètres.

2°. Une couche de houille, plus ou moins compacte, solide ou friable, plus ou moins mélangée de pyrite, d'argile et de schiste. Son épaisseur est fort variable ; son *maximum* est

de 40 centimètres; le plus ordinairement elle est de 25 à 30.

3°. Un *toit* ou couche supérieure de schiste argilo-pyriteux, semblable à celui du *mur*, et ayant même épaisseur de 25 à 30 centimètres.

Ce système, composé de trois couches ainsi disposées, est lui-même intercalé entre les assises calcaires qui constituent les sommités de la chaîne secondaire du Larzac, au-dessus du village de Saint-Georges, et il se prolonge dans la vallée du Cernon, de là dans celle du Tarn, jusqu'à la rencontre de la vallée de la Dourbie, dans laquelle on le retrouve constamment, jusque vers Nant et au-delà. C'est dans cette dernière vallée qu'on exploite cette houille sur plusieurs points, dans les communes de la Roque, Saint-Viran, Montméjan, Cantalero, etc.

Qualité de la houille.

La houille que produisent ces mines, est en général de bonne qualité. On ne peut souvent l'obtenir que menue. En faisant un choix, elle est propre aux travaux des maréchaux Son usage commence à devenir très-fréquent dans les villes de Milhau et Saint-Affrique, et dans les communes environnantes, où les fabricans de toute espèce l'emploient journellement. On s'en sert aussi pour la cuisson de la chaux. Jusqu'à présent on ne l'utilise que fort peu pour le chauffage, quoique ce charbon brûle fort bien à la grille.

Du schiste alumineux.

Le schiste qui sert de *toit* et de *mur* à la houille, est argileux, tendre, friable en quelques endroits, mais souvent aussi dur et tenace. Sa couleur varie du gris foncé au noir. Il est communément mélangé de houille, et traversé par des veines de

ce combustible; quelquefois aussi, mais rarement, par des filets de gypse fibreux. Mais ce qui est le plus important, c'est l'extrême abondance de *pyrites de fer* (fer sulfuré), qui sont disséminées dans toutes les parties du schiste, auquel ces pyrites donnent la propriété, reconnue depuis long-temps, de fournir, par une longue exposition à l'air humide, une quantité plus ou moins considérable de sulfate d'alumine et de sulfate de fer.

Il résulte en effet de l'inspection des travaux souterrains, et des haldes où le minerai est déposé au sortir de la mine, qu'il se produit peu-à-peu une décomposition générale du schiste : le soufre des pyrites se convertit en acide sulfurique; le fer s'oxide et se combine avec l'acide, pour former le sulfate de fer. Une portion d'acide se combine avec les bases terreuses du schiste, et donne naissance au sulfate d'alumine. Un effet fort remarquable de cette action chimique, est celui qui influe sur la cohésion des fragmens de minerai. En effet, les morceaux les plus tenaces, dont la cassure est unie et compacte, se délitent peu-à-peu en feuillets très-minces; ils se gonflent, se décomposent, et, si on les laissait suffisamment exposés à l'influence de l'air et de l'eau, ils se convertiraient tous en masses presque homogènes de sulfate d'alumine; car on sait que le sulfate de fer se décompose, après sa formation, par une suroxidation de sa base. On trouve souvent des morceaux de minerai qui ont subi toutes ces transformations, et sont de la plus grande richesse. Je reviendrai plus bas sur le travail de ces schistes; ce que je

viens de dire ici s'observe dans les galeries d'exploitation qui ont été ouvertes depuis quelques mois, et le minerai effleuri y est recueilli avec soin.

Le mode d'exploitation est celui de toutes les mines non assujetties au remblai, c'est-à-dire celui en échiquier. Exploitation.

Les ouvertures faites sur les couches de houille et de schiste, à diverses époques, sont très-nombreuses, sur-tout aux environs de Lavencas et Féral.

Il n'y en a en ce moment qu'une en activité à Lavencas. Elle occupe ordinairement deux ouvriers pour l'extraction de la houille, qui se vend principalement aux maréchaux de Saint-Affrique.

L'atelier de Lavencas ayant été abandonné, tant à raison de la cherté et de la difficulté des transports, que par rapport à l'épuisement de la couche principale exploitée depuis plusieurs années, on s'est transporté, en septembre 1812, à un kilomètre environ vers l'est, dans le lieu de Mayrer, où l'on a ouvert des travaux sur une couche qui n'avait point encore été travaillée.

C'est à Mayrer que sont aujourd'hui les principaux travaux en activité. Ils consistent en cinq ouvertures au jour, qui correspondent à autant de galeries d'extraction, liées entre elles par un grand nombre de traverses, ce qui forme un système d'exploitation.

Outre cette exploitation, une autre vient d'être ouverte, à la fin de 1815, un peu au-dessous et au fond de l'anse qui forme l'étroit

vallon de Mayrer. Ici l'éloignement indique que cette nouvelle galerie pourrait être ouverte sur le prolongement du même gîte de combustible, qui paraît effectivement occuper une étendue considérable de terrain.

Enfin, une nouvelle galerie a été ouverte au lieu dit *Raynel*, formant l'extrême fond du vallon de Mayrer, et cette mine, située à un niveau très-inférieur à celui des exploitations précitées, paraît cependant s'y rattacher.

Tous ces travaux sont ouverts sur la rive droite de la vallée du Cernon. La rive gauche offre aussi de nombreux indices; mais ils n'ont point encore été explorés.

Extraction. Comme on l'a dit plus haut, le travail d'exploitation se borne à pratiquer plusieurs galeries principales, à les lier par des traverses, en laissant des piliers pour soutenir le toit.

Les entailles et l'extraction se font au pic. L'emploi de la poudre est très-rare, et n'a lieu qu'à la rencontre de quelques blocs calcaires interposés entre le toit et le mur, ou dans les points où le toit et le mur se rapprochent. Cet accident est assez fréquent; mais il en est un autre plus redoutable, quoique facile à surmonter : je veux parler des solutions de continuité qui se remarquent souvent dans les couches de houille et de schiste alumineux. Il arrive fréquemment que les trois couches qui constituent la formation houillère sont remplacées par un lit d'argile, dont les dimensions sont variables, et qui forment des taches, des masses ou rognons plus ou moins considérables dans le combustible exploité. Ce dernier circonscrit or-

dinairement de tout côté l'argile, et il faut traverser celle-ci pour retrouver le minerai, ce qui donne lieu à des dépenses onéreuses. On a vu de ces masses d'argile d'un diamètre de plus de 50 mètres.

Les matières extraites sont transportées au jour sur de petits chariots à roulettes, ou des traîneaux tirés par un homme ou un enfant. Ces transports sont, ainsi que l'extraction, très-pénibles, à raison du peu de hauteur des galeries (ordinairement au-dessous d'un mètre), de leur irrégularité, et de l'humidité constante qui existe en plusieurs endroits. Le travail des *piqueurs* et celui des *traîneurs* se fait en se traînant à quatre pattes.

Les matières extraites se divisent en trois classes :

1°. Rebuts ou minerai inutile ; telles sont les argiles, les pierres calcaires, etc. ;
2°. Minerai ou schiste alumineux ;
3°. Houille.

Le rebut sert quelquefois à remblayer, et l'excédant est transporté hors des travaux où il serait gênant.

Le minerai alumineux est porté sur des haldes particulières, où il est exposé à l'action de l'air et de l'eau atmosphérique, en attendant qu'il soit descendu sur les aires qui avoisinent les ateliers de fabrication.

La houille est divisée en deux parties : l'une sert à l'approvisionnement de la fabrique ; l'autre, mieux choisie, est livrée dans le commerce, au prix moyen de 70 centimes le quintal métrique.

La journée des mineurs et des ouvriers exté-

rieurs, ou conducteurs, n'est que de 8 heures de travail, dont il faut même distraire quelques instans pour un léger repas.

Je ne parle ici du prix de la journée, ni du nombre des ouvriers, ni du produit de l'exploitation : on en verra les motifs plus bas.

Des Usines.

Description des ateliers de fabrication.

Lorque M. Grellet fut chargé de l'exploitation de Saint-Georges, Lavencas, etc., il n'existait qu'un grand atelier à Lavencas : c'était là que se transportaient les minerais des montagnes avoisinantes de Lavencas et Séral. Mais la grande couche, formant l'objet de l'exploitation, fut à la fin épuisée : un grand nombre de galeries d'entrée et d'extraction, toutes en mauvais état, et en général dégradées par des éboulemens, ou remplies d'eau, attestent les efforts faits par les compagnies antérieures; elles dénotent la grande étendue de la couche et sa régularité.

Il serait difficile de dire s'il pourrait y avoir du bénéfice à rechercher quelques portions de minerai qui ont échappé aux anciens exploitans; cela est d'autant moins présumable, qu'on a reconnu ailleurs d'autres couches neuves plus faciles à exploiter, et que d'ailleurs il serait pénible et dangereux de se hasarder dans des travaux souterrains, d'autant plus délabrés, que jamais ils n'ont été rattachés à un système d'exploitation bien combiné.

Quoi qu'il en soit, il reste aujourd'hui, près de Séral, une galerie ouverte, d'où l'on tire de la houille, mais où le minerai alumineux, étant très-peu abondant, ne s'emploie point.

Ce n'est donc plus qu'au vallon de Meyrer que se rapportent, pour le moment, toutes les espérances de succès : aussi le sieur Grellet a-t-il sagement pensé que ce serait un grand avantage de construire une nouvelle usine dans le vallon, et immédiatement au-dessous des exploitations actuelles. L'ingénieur des mines s'est rendu sur les lieux avec M. Grellet, et ils ont discuté ensemble tout ce qui était relatif à la disposition et l'emplacement de la nouvelle usine. Les constructions en ont été commencées dans l'été de 1815, et sont au moment d'être entièrement terminées. Déjà, à la fin de 1815, on avait construit un grand bâtiment, qui renferme 8 chaudières en plomb, 6 bassins en pierre, 2 cuves en bois; de plus, 3 chambres d'habitation et un magasin.

Outre cela, il existe plusieurs bassins extérieurs, destinés à recevoir les eaux du lessivage du minerai, et à faciliter le premier dépôt.

Enfin, on a construit récemment un petit atelier pour la préparation des eaux, dont l'évaporation finale se fera dans le grand atelier construit en premier lieu.

Travail des schistes alumineux.

Le travail n'a guère commencé au nouvel atelier de Mayrer, qu'avec l'année 1816. Voici sommairement en quoi il consiste : Depuis le commencement de 1815, on a préparé au-dessus de l'atelier, à 30 mètres environ de ce dernier, des aires, garnies en terres battues, en argile, et creusées en demi-cylindres.

C'est sur ces aires qu'on a transporté du minerai extrait depuis plusieurs mois, et déposé

d'abord sur des haldes au sortir de la mine. Ce minerai, qui commençait à s'effleurir, a été amoncelé en très-grande quantité sur les aires préparées. Il y en avait, dès le commencement de la mise en activité de l'usine, plus de 30 mille quintaux métriques, et cet énorme dépôt s'accroît journellement.

Rien ne peut mieux faciliter la décomposition de ce minerai, qu'une pareille accumulation; et, en effet, il s'est formé au centre de la masse un tel foyer de chaleur, que lorsque l'on voulut essayer (en novembre 1815) de lessiver cette masse pour savoir s'il serait possible de se dispenser de construire des bassins particuliers et de remuer cette matière, et que l'on eût fait arriver un filet d'eau sur la partie supérieure, au bout de trois heures, l'eau sortit au bas des aires chargée à plus de 30 degrés (aréomètre de Beaumé), et presque bouillante. Depuis, la température et la richesse diminuèrent journellement, tellement qu'à la fin du même mois de novembre, l'eau ne se trouvait plus qu'à 15 degrés de l'aréomètre, et à moins de 50 du thermomètre.

Le filet d'eau qui arrive (et qui provient d'une source voisine qui ne tarit jamais, et qui se trouve placée au-dessus de l'emplacement du travail), est promené successivement sur diverses parties de la masse du minerai, et jusqu'ici il ne paraît pas qu'il s'en perde, d'autant plus que les aires étant inclinées, et les bassins de réception se trouvant à la partie inférieure, la presque totalité de l'eau filtrante doit s'y rendre également.

C'est cette eau qu'après quelques heures de repos on conduit dans des chaudières en plomb, où elles sont évaporées jusqu'à dépôt : alors elles ont perdu quelques degrés, ce qui se conçoit facilement. Elles sont retirées, mises au repos pendant 6 à 24 heures, rapportées dans les chaudières, évaporées jusqu'au degré auquel le sulfate de fer peut se précipiter et cristalliser (de 30 à 34 degrés pour l'ordinaire). On arrête alors le feu, et on transvase dans des bassins, où, pendant un séjour de 7 à 8 jours, une grande quantité de couperose mi-pure se sépare à l'état cristallin. Les eaux, descendues à 30 ou 32 degrés, sont, pour la troisième fois, conduites dans les chaudières, chauffées et évaporées avec addition de sulfate de potasse, et concentrées jusqu'à 36 degrés. De là elles passent dans des cuves de cristallisation, où il se forme de l'alun brut, et le dernier se raffine (ainsi que la couperose) par une nouvelle dissolution, une chaleur douce, et un repos de plusieurs heures. Ordinairement la dissolution, pour le raffinage de l'alun, est portée à 50 degrés de l'aréomètre.

La quantité de sulfate de fer obtenue est incomparablement plus grande que celle de l'alun, et c'est une perte ; car le prix du premier est tout au plus moitié de celui du second, et le débit en est moins facile. Un moyen bien sûr de diminuer cette quantité considérable de vitriol, serait de n'employer les schistes qu'après une décomposition plus avancée : alors le sulfate de fer se décompose par la seule action de l'air ; mais on est pressé de jouir.

Voilà les faits : pour raisonner sur les procédés

et les améliorer, il faut du temps et de l'expérience.

Pour terminer ce qui a rapport à l'établissement de Saint-Georges, je consignerai ici l'état de situation de l'atelier de Lavencas, quoique cet atelier ne soit pas en activité.

Il se compose de:

2 Bassins de lessivage;
1 *Idem* de recette;
2 Cuves de dépôt;
4 Cristallisoirs doublés en plomb;
7 *Idem* en bois;
1 Cuve en bois;
8 Chaudières en plomb (elles ont été transportées à Mayrer);
1 Grand bâtiment renfermant les objets ci-dessus;
1 Bâtiment renfermant 3 pièces, aujourd'hui sans usage;
1 Bâtiment à deux étages, renfermant le logement d'un commis; 2 magasins, et 4 pièces pour les ouvriers;
1 Pont aqueduc, à double étage.

Je renvoie à un rapport spécial et de police, l'état d'entretien et de réparations dans lequel se trouvent ces établissemens.

CHAPITRE II.

Mine d'alun de Fontaynes.

Cette mine occupe le fond du vallon de Lasalle et Fontaynes, vallon très-riche en houille. Les exploitations très-nombreuses et mal combinées,

qui ont été ouvertes à diverses époques pour l'exploitation du combustible, ont donné naissance à beaucoup de galeries, qui ont toutes été successivement abandonnées, mais dans lesquelles on a laissé des tas considérables de houille menue.

Cette houille est très-pyriteuse. L'humidité est constante dans l'intérieur des galeries. Une inflammation spontanée a eu lieu, et l'incendie souterrain s'est étendu avec rapidité. Pendant long-temps on n'a regardé cet incendie que comme un événement malheureux, qui consumait la houille et bouleversait le sol. Il y a trente ans qu'on a remarqué, parmi les débris, des masses riches en sulfate d'alumine, et en alun tout formé. On a élevé une usine; une exploitation florissante s'est établie dans des lieux qui ne présentaient que la triste image de la dévastation, le silence et la stérilité; on a arraché les produits du feu au milieu même du feu, et on a reconnu que l'incendie de la houille procurait une source inépuisable de richesses, et l'aliment d'une branche importante d'industrie, dans un pays dépourvu auparavant de toutes espèces de manufactures.

Cet établissement, ainsi que celui de Saint-Georges, est exploité aujourd'hui provisoirement par M. Grellet, receveur général du département de l'Aveyron.

1°. *Etat de la montagne brûlante exploitée.*

Quoiqu'on ait eu l'assurance que quelques galeries souterraines, respectées par le feu, pouvaient servir à extraire le minerai travaillé

par les vapeurs et la chaleur, on a jugé, avec raison, qu'on éprouverait trop de difficultés dans l'extraction, et on a préféré l'exploitation à ciel ouvert. L'excavation qu'on a formée depuis que l'on travaille, et les tas énormes de déblais qui environnent l'usine, donnent une idée de l'importance et de l'activité des travaux.

La tranchée profonde qui existe aujourd'hui permet de constater les faits suivans, que je me contenterai d'exposer succinctement.

1°. Le premier essai du feu est de sublimer des vapeurs sulfureuses mélangées d'autres gaz, et provenantes des pyrites que contient la houille.

2°. Ces vapeurs se composent en général,

a, De soufre sublimé, qui se dépose sur les parois extérieures des fentes principales;

b, D'acide sulfureux très-abondant, dont une grande partie se perd dans l'air, et le reste se porte sur les roches voisines et se convertit en acide sulfurique;

c, D'eau vaporisée;

d, D'un peu d'acide sulfurique;

e, De quelques fumées ammoniacales.

Les couches pierreuses qui recouvrent les veines de houille sont formées de grès à grains moyens de *quarz*, *feldspath* et *mica* ou *micaschiste*.

Les grès qui avoisinent le plus le combustible sont schisteux, et se rapprochent de l'argile schisteuse, ou du schiste argileux friable. Ces roches sont facilement perméables à l'eau; aussi ne voit-on presque aucune source dans le pays. En revanche toutes les couches du terrain conservent une humidité plus ou moins considé-

sable, selon leur proximité de la surface. Presque toutes les exploitations de houille sont sujettes à des affluences d'eau qui sont peu incommodes, parce qu'elles sont peu considérables, mais qui le deviendraient, si, en suivant les règles d'une bonne exploitation, on s'approfondissait plus qu'on ne le fait.

Ce que je dis là est général pour le canton d'Aubin, et s'applique spécialement au terrain de Fontaynes; seulement les grès y sont plus souvent à grains plus fins.

Les eaux qui filtrent à travers les couches ramollissent les grès schisteux, et les rendent plus susceptibles de recevoir l'action décomposante des acides. D'après la composition de ces roches, il est clair que les parties quarzeuses ne seront point attaquées, et que l'action aura lieu seulement sur les parties feldspathiques et schisto-argileuses. Ici l'alumine formera un sulfite ou un sulfate, avec un grand excès d'acide. La cohésion des roches est détruite, et le minerai devient terreux et friable dans quelques endroits; mais, en d'autres lieux où l'incandescence est forte, la silice à son tour agit par une demi-fusion; les fragmens feldspathiques et schisteux subissent une transformation analogue, mais plus prompte et plus facile.

De là ces agrégats porcellanites, émaux de couleurs souvent très-vives et variées, rubanées, et dont la dureté et la cohésion sont plus grandes que dans la roche qui les a produits; ces agrégats renferment souvent des rognons de fer oxidulé, produit par l'accumulation des résidus de la combustion des pyrites.

Le sulfate (ou peut-être plutôt le sulfite) d'alumine, avec grand excès d'acide, est, comme on le voit, le seul produit utile qui se forme immédiatement. Il est reconnu par la pratique qu'il est avantageux de laisser ce minerai (qu'on appelle ici *mordant*) exposé aux influences de l'air atmosphérique, qui le transforme à la longue en alun.

Ici se présente une question intéressante : quel est l'agent qui fournit l'alcali nécessaire pour compléter la formation de l'alun, qui, comme on le sait, est un sel triple? Il est incontestable qu'une partie très-faible peut provenir des vapeurs ammoniacales; la presque totalité paraît devoir provenir des fragmens feldspathiques du grès, qui contiennent, comme on sait, de la potasse en quantité notable. Mais comment cette potasse est-elle dégagée du feldspath? voilà la question à résoudre.

Ce qu'il y a de certain, c'est que le minerai, qui vient de subir l'action du feu, ne donne point d'alun par lixiviation et évaporation; mais si on n'exploite ce minerai neuf qu'après un an ou dix-huit mois, on en obtient de l'alun sans addition d'alcali.

Aujourd'hui l'exploitation de Fontaynes offre, dans les parties les plus profondes, des masses d'alun brut et impur, qui pèsent souvent plusieurs kilogrammes. Ces parties inférieures sont tellement pénétrées d'alun, que les eaux pluviales qui les traversent, et se rendent à quelques mètres au-dessous dans les galeries d'une couche en exploitation, déposent, le long des parois de ces galeries, des cristaux limpides et

parfaits d'alun. Ces eaux, qui se réunissent autour d'un puits pratiqué pour les extraire et les employer à la lixiviation, marquent ordinairement un degré à l'aréomètre.

2°. *Des travaux.*

Les travaux d'extraction ont lieu à ciel ouvert; sur la partie inférieure de la colline qui termine le vallon de Fontaynes et le sépare de celui du Pontz. Malheureusement, dans le principe, on n'a pas rejeté assez loin les premiers déblais, et il est reconnu aujourd'hui qu'on les a déposés involontairement sur du minerai très-riche. Leur proximité nuit à la facilité et à l'étendue des travaux. On s'occupe en ce moment de pratiquer un chemin qui les coupe, et qui aidera beaucoup à apporter plus d'ordre et d'économie dans l'exploitation.

J'ai conseillé de disposer les travaux en gradins : on commence à suivre cette méthode préservatrice des éboulemens, et dont on eût dû sentir les avantages depuis long-temps.

Tout le travail consiste à détacher avec le pic les parties solides, et à les extraire à dos, à l'aide de paniers, dans des tombereaux attelés d'un seul cheval. On divise tous les matériaux enlevés en minerai utile, qui est envoyé aux bassins de lessivage, et en déblais, qui sont transportés à quelque distance des travaux. Ces déblais forment la partie la plus considérable des matières extraites.

Souvent on est obligé de vaincre par la poudre la ténacité de blocs plus ou moins considérables, que le pic ne pourrait entamer.

Les dépenses obligées de déblais sont souvent considérables, attendu que les parties riches en alun se trouvent recouvertes par des roches stériles. Malgré cela, l'exploitation se fait avec bénéfice.

On sent que ces lieux où gît le minerai vieux ont été abandonnés depuis plusieurs mois par le feu. Cependant, comme les couches de houille ont été dérangées; et que le feu suit une marche irrégulière comme les galeries qu'il parcourt, il n'est pas rare de le voir reparaître dans le voisinage de veines riches qu'il a élaborées jadis : ainsi, tout récemment une pareille rencontre a obligé de changer le lieu de l'extraction. En général, le feu recule, pour ainsi dire, devant les ouvriers. Il se manifeste au haut de la montagne, et s'avance vers le revers de la colline, dont il touche déjà le sommet : il suit les veines de houille, qui montent en effet dans le même sens. Là où il agit, il forme du minerai neuf qui n'est point encore alun, mais qui doit le devenir avec le temps. Quelquefois on prend quelques tombereaux de ce minerai neuf pour le mélanger avec l'ancien. Ce mélange produit de bons effets, à raison de l'acide qui est apporté par le minerai neuf.

Il serait désavantageux de traiter ce dernier seul, parce qu'outre la grande quantité d'alcali qu'il faudrait ajouter, on n'obtiendrait qu'une cristallisation confuse au milieu d'un *magma* de sels alumineux et d'un excès considérable d'acide.

Du reste, on pourrait utiliser, par des procédés particuliers, ce produit récent de la calcination

et de la décomposition par le feu; mais comme il se forme peu-à-peu, et que l'intensité de la chaleur s'oppose à son exploitation, on ne peut essayer d'en tirer parti. D'ailleurs, il convient de profiter du vieux minerai, qui perd chaque jour par les eaux pluviales, dont la presque totalité s'écoule, emportant avec elle $\frac{1}{100}$ de son poids d'alun pur.

On a vu que je n'ai point parlé de sulfate de fer dans ce qui précède; en effet, il ne s'en forme point à Fontaynes, et c'est un grand avantage, en ce que le raffinage de l'alun est plus facile.

Travaux de l'usine.

Le travail de l'usine consiste :

1°. A lessiver, dans des bassins en pierre, le minerai utile ou aluminifère. On repasse plusieurs fois les eaux sur un même minerai, selon sa richesse, et le degré d'intensité de celles qui sont sorties en dernier lieu;

2°. A faire écouler les eaux de lessive dans de vastes bassins de recette ou de repos. Là il se dépose des ocres et des parties terreuses pendant plusieurs jours;

3°. A transvaser avec soin les eaux, ainsi reposées, dans des chaudières en fonte, où elles sont concentrées par évaporation jusqu'à 12 degrés au plus de l'aréomètre de Beaumé. Elles déposent pendant l'ébullition une nouvelle portion d'ocre et de terre qu'on retire à mesure, et qu'on reporte sur le bassin de lessivage. Un canal apporte constamment l'eau nécessaire pour alimenter;

4°. A faire écouler par un siphon, et après un repos de quelques heures, les eaux ainsi

réduites dans des chaudières en plomb, où on les concentre jusqu'à 30 ou 36 degrés. Il y a également ici un canal qui alimente les chaudières, et répare la perte produite par l'évaporation. Cette opération exige des ménagemens pour la conservation des chaudières, qui doivent être toujours pleines, et délivrées de tout dépôt qui occasionnerait leur fusion. On ajoute, quand cela est nécessaire, sur-tout quand il y a du minerai neuf mélangé avec le vieux, du sulfate de potasse, provenant de la fabrication en grand de l'acide sulfurique.

Aujourd'hui on n'emploie que très-rarement de l'alcali. On brasse les eaux pendant cette addition; on éteint le feu, et on laisse reposer pendant quelques heures. Puis on coule dans des cristallisoirs en bois, où, durant 6 à 8 jours, l'alun brut se dépose cristallisé le long des parois et à la surface. Les eaux mères sont enlevées, pour être ajoutées à d'autres opérations. L'alun brut est détaché, lavé, lorsqu'il y a quelques portions souillées de fer ou de terre. Une partie de cet alun est versé brut dans le commerce. Le reste est raffiné, selon les demandes.

Pour raffiner, on remplit d'eau une chaudière de plomb; on chauffe, et on ajoute peu-à-peu de l'alun brut, jusqu'à ce que l'eau marque 50 degrés à l'aréomètre. On recouvre la chaudière, et on maintient une douce chaleur pendant plusieurs heures. Enfin, on coule dans des cristallisoirs pyramidaux de 1m.,50 de hauteur, et dont les faces se démontent après le refroidissement, pour retirer l'alun qui forme une masse cristalline du poids de 6 à 8 quintaux métriques.

L'intérieur offre toujours des groupes très-beaux de cristaux bien limpides.

J'ai décrit rapidement les opérations; elles sont simples, et leur simple exposé suffit pour remplir le but de ce rapport. Un mémoire spécial sur le travail de Fontaynes pourrait contenir des détails qui ne peuvent trouver place ici. Pour ne rien laisser à désirer, je dirai que l'atelier de Fontaynes se compose de:

11 Bassins de lessivage;
3 *Idem* de recette;
7 Chaudières en fonte;
8 *Idem* en plomb;
12 Cristallisoirs, dont 3 pyramidaux pour raffiner l'alun;
1 Hangar renfermant la chaudiè[illegible] 2 chambres d'ouvriers;
1 Hangar recouvrant les bassins de recette;
1 Maison renfermant le logement du directeur, et un magasin pour l'alun;
1 Bâtiment renfermant forge, magasin, écurie, grange et bureau.

Les machines consistent en:

1 Treuil à manivelle;
3 Jeux de pompe, en bois et à bras, pour élever les eaux de la mine au niveau de l'atelier;
1 Pompe portative, en bois, pour vider et transvaser les eaux des bassins de lessivage.

3°. *Du combustible.*

Le combustible est fourni par une couche de houille de 2me de puissance, exploitée au-dessous même de la montagne brûlante; c'est dans cette mine que se réunissent les eaux de filtration, qu'on élève ensuite pour lessiver le minerai.

Cette mine est, comme toutes celles de l'Aveyron, exploitée sans remblai, c'est-à-dire en échiquier. Elle n'offre rien de remarquable, si ce n'est du bon minerai vieux, riche en alun, et des efflorescences cristallisées de ce sel. Elle exige des précautions pour éviter la communication du feu, qui en est très-près en quelques endroits.

On n'exploite la houille que pour alimenter la fabrique.

EXTRAIT DU SECOND RAPPORT.

Un des grands objets de dépense, sur-tout à Saint-Georges, est l'achat de matières alcalines, qui, ajoutées dans la fabrication, puissent servir à compléter l'alun. A Saint-Georges, le minerai n'ayant point du tout d'alcali, il faut en ajouter beaucoup; l'addition est moindre à Fontaynes, où ordinairement il y a au moins la moitié du minerai qui porte avec lui son alcali.

Ces matières sont des résidus des fabriques d'eau-forte établies à Montpellier, Marseille, et autres villes du Midi; c'est un sulfate de potasse très-impur, qui, rendu sur les établissemens, coûte, prix moyen, 40 à 45 francs le quintal métrique. On ne peut fixer, avec précision, la

quantité qu'on ajoute de ces matières pour former une quantité donnée d'alun.

Produits divers des établissemens.

Les produits divers livrés au commerce sont, pour Fontaynes, de l'alun brut ou raffiné; pour Saint-Georges, de l'alun, de la couperose et de la houille. Le prix de l'alun est à-peu-près le même sur les deux établissemens; cependant celui de Fontaynes est en général préféré à celui de Saint-Georges. L'alun s'est vendu, dans les commencemens de la société anglaise, jusqu'à 80 francs et au-delà le quintal métrique, et la couperose se vendait alors jusqu'à 35 et 40 francs. Aujourd'hui, et depuis plusieurs années, le prix moyen de l'alun brut est de 55 à 60 francs; l'alun raffiné vaut ordinairement 6 à 8 francs de plus par quintal métrique. Quant à la couperose, elle ne vaut guère que 20 à 25 francs le quintal métrique. La houille se vend à Saint-Georges de 1f.,30 à 1f.40 le quintal métrique. A Fontaynes, on n'extrait que celle nécessaire au service de la fabrique, et elle ne peut y être évaluée guère qu'au prix d'environ 30 centimes le quintal métrique, qui est le prix moyen de vente des mines voisines de Fontaynes.

Les produits de l'ancienne usine de Lavencas n'ont jamais été très-considérables; ils n'ont, dans le temps de la plus grande activité (en 1805 et 1806), jamais excédé 50 quintaux métriques par mois, dont le plus ordinairement $\frac{2}{5}$ en alun et $\frac{3}{5}$ en couperose. Cette proportion de l'alun à la couperose varie à l'infini. Quant à la houille, outre celle nécessaire au service de l'usine, on en a constamment extrait en tout temps pour vendre à divers particuliers; mais la vente n'a

jamais été régulière, et il en a été, par suite, de même pour l'extraction.

Les produits de Fontaynes ont été, en général, assez réguliers. Ils se portent ordinairement de 50 à 60 quintaux métriques par mois en alun, tant brut que raffiné.

Les débouchés sont, pour l'alun et la couperose de Saint-Georges, Montpellier, Milhau et autres villes environnantes; pour l'alun de Fontaynes, Montauban, Figeac, Cahors, Toulouse; et pour la houille de Saint-Georges, les communes environnantes, et notamment celle de Milhau, où on l'emploie au chauffage et à la cuisson de la chaux.

Outre les produits ci-dessus mentionnés, il en est un autre qui, depuis long-temps, a été nul; c'est *l'ocre rouge*, qui se dépose dans les concentrations et évaporations des eaux alumineuses de Saint-Georges. A Lavencas, on en vendait pour la peinture et autres usages : depuis le chômage de Lavencas, on n'en a point vendu; mais comme on en recueille actuellement à Mayrer, on l'utilisera par la suite, sur-tout à l'aide d'un four de calcination qui vient d'être construit sur cet établissement. On compte s'occuper de ce travail pendant le courant de l'hiver, lorsque les gelées trop fortes suspendront la fabrication des sels.

Détails sur la consommation en houille, et sur la proportion d'alun et de couperose obtenue.

Avant de terminer, je crois devoir consigner ici quelques résultats d'expériences faites à Saint-Georges, pour connaître tant la proportion de l'alun à la couperose, que la quantité de houille consommée.

En 1814, on a essayé à Lavencas du minerai

de Mayrer. On a consommé 271 quintaux de charbon pour faire 18 quintaux 15 livres de couperose et 21 quintaux 92 livres d'alun, ce qui fait 676 parties de houille en poids consommées pour obtenir 100 parties de sels à base d'acide sulfurique, dont 45,3 parties de couperose et 33,7 parties d'alun.

Dans une autre expérience faite à Lavencas, sur 280 quintaux métriques de minerai, on obtint, en premier lieu, 9 quintaux métriques d'alun raffiné et 6 quintaux de couperose. Les eaux mères contenaient encore environ $\frac{1}{2}$ quintal d'alun et 2 quintaux de couperose, ce qui, en total, donnerait :

En alun...... $9\frac{1}{2}$ quintaux} pour 280 quintaux
En couperose. 8 quintaux} de minerai,

ou bien, en estimant le prix de la couperose égal au tiers de celui de l'alun raffiné, afin d'avoir en alun seulement la valeur du produit, il s'ensuivrait que l'on a retiré, de 280 quintaux de minerai, une valeur de 12 quintaux $\frac{16}{100}$ d'alun raffiné ; ce qui représente un peu plus de 4 p. $\frac{0}{0}$.

En outre, j'ajouterai que le minerai qui avait donné ce produit était susceptible, après une exposition à l'air de 15 ou 20 mois, d'être traité de nouveau, et de donner encore 3 à 4 pour $\frac{0}{0}$. Enfin, après cette seconde opération, le minerai restant pouvait encore, par une nouvelle et longue exposition à l'air, être traité pour la troisième fois, et donner encore environ 2 p. $\frac{0}{0}$ d'alun. On aurait donc un produit total de 9 à 10 pour $\frac{0}{0}$ d'alun; ce produit, dans les cas favorables, pourrait aller jusqu'à 12 ou 15 pour $\frac{0}{0}$.

A Fontaynes, où les eaux sont en général moins fortes, il faut de 1,600 à 1,200 parties de houille pour obtenir 100 parties d'alun, tandis qu'à Saint-Georges on ne doit guère compter que sur une consommation de 600 parties de houille pour obtenir 100 parties d'alun.

Du reste, dans l'un et l'autre établissement, la consommation en houille varie beaucoup avec la richesse des minerais et des eaux. A Saint-Georges, les minerais sont plus ou moins effleuris; à Fontaynes, ils sont plus ou moins travaillés par le feu : de là résultent divers degrés de richesse en sels. Cette richesse augmente, pour les minerais de Saint-Georges, à mesure qu'ils sont plus long-temps exposés à l'action de l'air atmosphérique et de l'humidité, qui hâtent la décomposition des pyrites, et leur conversion en sulfates à base d'alumine et de fer.

DESCRIPTION D'UNE ROCHE

CONNUE SOUS LE NOM

DE LA *ROCHE-NOIRE*,

Qui fait partie du terrain houiller de Noyant, département de l'Allier;

PAR M. C. PUVIS, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Le terrain houiller de Noyant est formé, comme les terrains de cette nature, de couches successives de grès, de schiste et de houille, alternant les uns avec les autres sans ordre déterminé. Leur inclinaison moyenne est d'environ 45 degrés à l'O.-N.-O.

La portion de ce terrain houiller sur laquelle se dirigent actuellement les travaux, est celle qui occupe le fond de la petite vallée de la Queûne : dans cette portion, on n'a reconnu jusqu'à présent, au moyen des travaux, que deux couches de houille; l'une, d'une puissance habituelle d'environ 2 mètres, a le schiste pour toit et pour mur; au toit, ce schiste est noir, découpé et sans solidité : il constitue ce qu'on appelle le *menu-noir* (*), et forme ordi-

(*) On trouve fréquemment dans ces *menus-noirs*, et au milieu même de la houille, du fer carbonaté argilo-bitumi-

nairement une couche très-puissante. Au mur, le schiste est moins découpé et plus solide; il n'a qu'une épaisseur de 1 à 2 mètres, et c'est au-dessous que l'on rencontre le grès, qui sert de toit à la deuxième veine. Cette veine, non exploitée, n'a que 0m.,4 environ d'épaisseur, et repose sur une roche d'une nature particulière, et que les ouvrages n'ont jamais traversée entièrement. Cette roche, quelle qu'elle soit, caractérise donc très-bien le dessous des veines, et l'on remarque que la couche puissante de *menu-noir* en caractérise assez bien le dessus; ou, ce qui revient au même, les deux couches de houille sont généralement comprises entre la roche ci-dessus et les *menus-noirs*.

Le terrain houiller près de Noyant est presque tout entier sur la rive gauche de la Queûne; cependant, à ½ lieue environ, en descendant du village de la Pierre-Percée, le granite qui règne sur la rive droite est recouvert d'un lambeau de terrain houiller, au lieu dit *la Roche-Noire*. La roche remarquable qui donne son nom à cette localité (1), forme une sorte de promontoire sur la droite de la route. La roche est d'un vert-noirâtre, à cassure légèrement grenue, offrant des angles vifs et tranchans, renfermant,

---

neux en rognons, tantôt globuleux et tantôt aplatis, et quelquefois en couches minces qui paraissent peu suivies. Ce minéral est presque toujours compacte, d'un gris plus ou moins foncé, et même noir : il prend quelquefois la cassure écailleuse. Le centre des rognons globuleux est souvent occupé par des grains de fer sulfuré mêlé à de la houille, ou par des lames de chaux carbonatée blanche et presque limpide. (*P. Berthier.*)

plus ou moins abondamment, des parties lamelleuses, dont quelques-unes noirâtres, paraissent être évidemment d'amphibole; elle est médiocrement tenace, assez dure, sonore, se raye avec une pointe d'acier, et exhale sous l'haleine une odeur argileuse prononcée : elle ressemble assez à une cornéenne. J'aurais peine à croire qu'on pût la ranger avec les basaltes; elle offre bien quelques joints-plans, mais qui n'offrent pas la moindre régularité : sa stratification, sa cohésion beaucoup moins forte, ses passages à des roches qui n'ont pas la moindre apparence basaltique, enfin les substances qui l'accompagnent, semblent indiquer évidemment une roche non volcanique.

Cette roche s'appuie sur une autre (2), dont la couleur est généralement jaunâtre, et la contexture souvent schisteuse; dans ce cas, sa dureté et sa ténacité sont très-faibles. Sa cassure est terreuse, pourtant quelquefois grenue; les parties lamelleuses et cristallisées, assez souvent en décomposition, sont quelquefois aussi très-prononcées : on y trouve l'amphibole bien caractérisée.

Des roches intermédiaires forment entre les deux précédentes un passage insensible pour la couleur, la contexture et la ténacité.

Sous la roche jaunâtre (2), se trouve le *menu-noir* peu charbonneux (3); puis enfin le grès houiller (4), qui plonge sous le tout avec l'inclinaison habituelle de 45 degrés à l'O.-N.-O. On n'aperçoit rien immédiatement au-dessous, parce que l'affleurement est recouvert; mais à une très-petite distance, on trouve le granite. Il semble

donc que c'est là le fond de la formation houillère. Il est évident que la *Roche-Noire* en question en est partie constituante; mais le fait est assez remarquable pour ne pas se borner à le constater par une seule observation, présentée d'ailleurs par une localité très-peu étendue.

Nous venons de voir que la roche qui est l'objet de cette note, repose sur du *menu-noir* et du grès houiller; dans deux autres points, elle se montre stratifiée sous la même matière.

1°. Au-delà de la *Roche-Noire*, en descendant, le granite reparaît; puis, à une portée de fusil, le terrain houiller qui se décèle par des affleuremens de *menu-noir*, qu'on a reconnu par les travaux de l'*Espérance* pour être celui qui recouvre les veines. Cette succession rapide de terrains est une suite des contours de la vallée, qui d'abord tourne à droite, puis revient à gauche, et par ce moyen rentre dans la formation houillère, après s'en être écartée. Mais avant cet affleurement de *menus-noirs*, et par conséquent au-dessous, on rencontre unes carpement d'une roche jaunâtre (5), se rapprochant beaucoup de la deuxième variété de la *Roche-Noire*, formant des couches tourmentées et remplies de fissures, mais toujours avec la même inclinaison que le terrain houiller.

2°. En remontant au contraire, à partir de la *Roche-Noire*, et suivant la direction des veines, on retrouve cette roche sur la rive gauche; elle s'y rencontre bien stratifiée : elle est d'ailleurs d'un jaune-verdâtre (6), et les petits cristaux y sont violets et en partie décomposés. A très-peu de distance au-dessus, et sur plusieurs points, on

rencontre une couche des *menus-noirs*, qui, par sa nature, sa puissance et les alignemens, semble être aussi le prolongement de la couche qui recouvre les veines de houille. Cette assertion vient d'être vérifiée par un sondage.

Ces deux observations rapprochent beaucoup, comme on le voit, la *Roche-Noire*, ou ses passages, des couches de houille, et elles la placent dans la même situation que la roche de nature particulière (7) trouvée, comme nous l'avons dit, par les travaux au-dessous de ces couches. Cela porte donc à croire que cette roche (7) n'est qu'une modification de la *Roche-Noire*; elle ne m'a montré, à la vérité, jusqu'à présent, qu'une couleur grise, tantôt cendrée, tantôt noirâtre, une cassure peu grenue, une faible dureté et une médiocre ténacité, propriétés qui n'ont rien de caractéristique. On y reconnaît cependant à la loupe, en certains points, de petites parcelles lamelleuses, qui ont quelque analogie avec les parties cristallines de la *Roche-Noire*, et qui, si l'on ajoute que cette dernière offre une infinité de nuances de couleur, de ténacité, de dureté et de contexture, suffisent, je pense, avec les observations précitées, pour réunir les deux roches.

On doit donc regarder comme certain que les diverses variétés de roche que je viens de décrire appartiennent à la formation houillère, et comme très-probable que c'est cette même roche que les travaux atteignent au-dessous des deux couches, de telle façon que si on prolongeait les puits de quelques mètres, ils arriveraient au granite.

Je me borne à présenter les faits sous le rap-

port du rapprochement singulier de la houille, des grès et de la cornéenne, ou des roches à cristaux d'amphibole. Plusieurs naturalistes ont assimilé ces roches aux roches volcaniques : cette assertion peut être plus ou moins favorable à un système géologique ; mais, d'après ce qui précède, on peut juger si elle est conforme à la vérité.

M. l'inspecteur général Duhamel a fait mention de cette roche, dans son mémoire sur la houille, couronné par l'Académie des Sciences en 1793 (*Journal des Mines*, n°. 8, page 47) : il la considère comme un trap, et combat l'opinion de ceux qui la confondent avec les laves ; mais les observations de ce savant ne paraissent pas avoir été mises à profit par les géologues, et tous les jours on entend répéter les mêmes erreurs sur l'origine de la *Roche-Noire*. C'est ce qui m'a déterminé à publier cette description ; mon opinion étant conforme à celle de M. Duhamel, doit acquérir un très-grand poids.

On voit près de Doyet une couche qui affleure sur la grande route, et qui me semble avoir quelque ressemblance avec les roches (2) et (5). Elle alterne avec les couches d'un terrain houiller ; et cette circonstance, quoique bien moins importante que celles que j'ai déjà développées, aidera un peu à concevoir l'association de roches que j'ai indiquée.

Note de M. Lelièvre.

La *Roche-Noire* (1) est moyennement dure, se laisse rayer par une pointe d'acier, et ne fait pas feu. Sa cassure est quelquefois conchoïde ; sa poussière est grise : elle fait, avec l'acide

nitrique, une légère effervescence, due à la dissolution d'un peu de carbonate de chaux, qui n'est que mélangé. Au chalumeau, sans addition, il suffit de faire rougir les bords minces pour qu'ils fondent; les petits fragmens exigent une chaleur un peu plus forte : on obtient des globules d'émail noir mêlé de blanc ou de grisâtre, et attirables. Elle communique au borax une teinte jaunâtre, due au fer; mais il en faut une grande quantité pour produire cet effet.

La roche verdâtre (2) et (5) est plus tendre, et se comporte à-peu-près de même au chalumeau; mais elle ne paraît pas contenir de carbonate de chaux, car elle ne fait aucune effervescence avec l'acide nitrique.

Ces roches me semblent devoir être rangées avec les wacks des Allemands, qui sont de formation stratiforme.

Note de M. Berthier.

J'ai visité la *Roche-Noire* avec M. Puvis; la description qu'il en fait me paraît de la plus grande exactitude. Comme lui je pense qu'il n'est pas possible de la confondre avec les basaltes, et je suis de plus convaincu qu'elle ne peut être le produit de matières volcaniques remaniées. J'ai observé ce terrain avec d'autant plus d'intérêt, que j'ai pu lui en comparer une autre que je crois analogue, et qui est beaucoup plus étendu; je veux parler de celui qui renferme les roches de Figeac (département du Lot), qu'on a prises pour des produits de volcans, et que j'ai décrites dans le *Journal des Mines* (vol. XXVII, page 448). Je possède une nombreuse suite de ces roches que j'ai comparées à celles qui ont été recueillies par M. Puvis. Les roches de Figeac sont plus variées que celles de Noyant; mais la plupart leur ressemblent tellement, qu'il serait impossible de ne pas confondre les unes avec les autres si elles étaient mêlées.

On peut voir par ce que j'ai dit des roches de Figeac, qu'elles font partie d'un terrain schisteux impressionné, immédiatement recouvert par des grès houillers à gros grains renfermant une ou deux couches de houille, et qu'il est évident qu'elles ne peuvent être le produit immédiat des volcans. Il m'a toujours paru peu probable qu'elles aient été composées d'élémens volcaniques remaniés par les eaux, malgré leur ressemblance avec certains basaltes et les poudings qui les accompagnent; mais, sans oser rien prononcer, je m'étais borné à appeler sur elles l'attention des géologues.

Il ne me reste aucun doute aujourd'hui, et depuis que j'ai vu le terrain de Noyant, je ne crains pas d'affirmer que celui de Figeac est de même formation, et que les roches singulières qu'il renferme, quoique ressemblant beaucoup, ainsi que la *Roche-Noire*, à quelques matières volcaniques, en diffèrent totalement par leur gisement, etc.

Je suis persuadé que si l'on y fait attention, on retrouvera ces roches dans beauconp de terrains houillers, comme y on découvre chaque jour du fer carbonaté depuis que j'ai annoncé son existence dans les mines de l'Auvergne.

NOTE

Sur le poids de quelques espèces de bois à brûler, et sur la consommation comparative de ce combustible et de la houille dans les travaux minéralogiques;

Par M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

M. l'Inspecteur général Duhamel a inséré dans ce recueil (tome II, page 130), un mémoire rempli de détails précieux sur la construction des fours à réverbère propres à refondre la fonte, sur les précautions à prendre pour la conduite du feu, etc. Il termine ce mémoire par l'exposé de quelques faits, desquels il cherche à déduire le rapport général de consommation de la houille et du bois, et la quantité de l'un ou de l'autre de ces combustibles nécessaire pour obtenir un millier de fonte moulée. Je vais dans cette note présenter quelques renseignemens et quelques observations relativement à cette dernière partie.

Poids du pied cube et du mètre cube de quelques bois cordés.

M. le comte de Rumford a reconnu que la pesanteur spécifique de la matière ligneuse, abstraction faite des pores dont elle est pénétrée, est à-peu-près la même dans toutes les espèces de bois, et ne varie que 1,46 à 1,53. (Voyez *Journal des Mines*, t. XXXIII, page 241 et suivantes.) Celle du bois, au contraire, est non-seulement différente pour chaque

espèce, mais dans une même espèce elle varie selon l'âge du sujet, son état de dessiccation, la nature du sol dans lequel il a crû, le climat, etc. Elle n'est pas non plus la même pour les branches que pour le tronc, pour le tronc que pour les racines. Le jeune bois pèse plus que le vieux, le cœur de l'arbre plus que l'aubier. En se séchant à l'air, le bois perd en quelques mois le $\frac{1}{5}$, le $\frac{1}{4}$, et même quelquefois la $\frac{1}{2}$ de son poids, etc.

Le poids d'une mesure donnée de bois cordé dépend de la pesanteur spécifique du bois, de la grosseur des morceaux, et du soin plus ou moins grand avec lequel ils sont rangés. Toutes choses égales d'ailleurs, plus les morceaux sont gros et plus le poids de la mesure est considérable; à tel point, qu'un stère de grosses bûches pèse souvent plus que le double d'un stère de bois menu, dit *bois de charbonnage*. Les marchands ont l'art de corder le bois de manière à en faire tenir le moins possible dans la mesure; aussi le volume d'une pareille mesure, lorsqu'on en dispose le bois avec tout le soin nécessaire pour remplir les vides autant qu'il se peut, diminue-t-il d'un quart, et même quelquefois d'un tiers. Il suit de ces considérations que l'on ne peut calculer, avec quelque exactitude, le poids d'une mesure de bois, si l'on ne connaît son essence, la grosseur moyenne des bûches, le temps qui s'est écoulé depuis la coupe, et la manière dont il a été cordé. Il serait donc à désirer, pour qu'on pût établir un terme de comparaison précis entre l'emploi de la houille, etc. et du bois, qu'en présentant le tableau des résultats économiques des établissemens dans lesquels on se sert de celui-ci pour

combustible, on adoptât l'usage d'indiquer le poids de l'unité de mesure. Comme jusqu'ici on a rarement eu cette attention, nous en sommes réduits à faire des calculs approximatifs : ces calculs n'en sont pas moins intéressans, et c'est pour les rendre plus sûrs, que je crois utile d'ajouter quelques faits à ceux que présente M. l'inspecteur Duhamel dans son mémoire.

Bois de chêne.

Une demi-corde de bois de chêne, provenant des futaies des environs de Moulins (Allier) *, coupé depuis un an, et débité en bûches refendues de 4 pieds de longueur, a pesé 1650 liv. Elle avait été mesurée par le marchand, et devait cuber 64 pieds ($2^{\text{stères}}$,2). Elle contenait 80 bûches. Cela donne pour le pied cube 26 livres, et pour le mètre 750 livres.

Ce même bois ayant été coupé en quatre, et rangé avec soin, n'a produit que $48^{\text{p.}}\frac{1}{3} = 1^{\text{stère}}\frac{2}{3}$; ce qui donne pour le pied cube 34 livres et pour le stère 1030 livres; il y a eu une diminution de $\frac{1}{3}$ dans le volume. Le poids moyen est de 30 liv. pour le pied cube, ou 900 livres pour le stère.

Une autre demi-corde de gros bois de chêne refendu, provenant de la forêt de Monadier, près de Moulins, et coupé depuis trois ans, a pesé 1680 livres; ce qui porte le pied cube à $26^{\text{liv.}}$,3 et le stère à 773. Ce bois, coupé en quatre, et rangé avec soin, s'est réduit à 51 pieds cubes $= 1^{\text{stère}}$,74; ce qui porte le pied cube à 33 livres et le stère à 970. Le volume a diminué de $\frac{1}{4}$; ainsi le poids moyen est de 30 livres le pied cube, ou à-peu-près 900 le stère; résultat parfaitement d'accord avec le précédent.

* Le terrain des environs de Moulins est un mélange d'argile et de gros sable, dans lequel le bois croît rapidement.

Du bois de chêne crû dans le *causse de la Roque-les-Arcs* *, près de Cahors (Lot), âgé de 30 ans, et coupé depuis un an, débité à la scie en bûches d'un mètre de longueur, et cordé exactement, sans qu'on ait pris un soin minutieux à le serrer le plus possible, a pesé 1050 liv. le stère, ou 36 livres le pied cube. Les bûches avaient 5 à 15 centimètres de diamètre, et on en a compté 95 à 100 au stère. Il paraît que ce bois était spécifiquement plus pesant que celui de Moulins.

MM. Durand et Aubertot ont trouvé que le pied cube de bois de chêne de charbonnage pèse de 15 à 18 livres, 440 à 525 le stère. Ce bois est menu, et n'a que 30 pouces de longueur. La corde cube 80 pieds. (Voyez *Journal des Mines*, tome XXVI, page 291 et suivantes.)

Hêtre. De très-gros rondins refendus de bois de hêtre, récolté dans les environs de Moulins très-sec, cordés avec soin, ont pesé 30 livres le pied cube, ou 880 livres le stère.

Du bois semblable, mais en partie vermoulu, n'a pesé que 26 livres le pied cube, ou 750 livres le stère.

Bouleau. Du bois de bouleau, provenant aussi des environs de Moulins, en très-gros rondins non refendus, s'est trouvé avoir exactement le même poids que le chêne refendu de la forêt de Monadier.

Tremble. MM. Durand et Aubertot ont évalué le poids du pied cube de tremble, propre au charbon-

---

* Les *causses* sont des terrains calcaires très-rocailleux, dans lesquels le chêne se plaît, quoiqu'il n'y parvienne jamais à une grande hauteur.

nage, de 13 à 15 livres le pied cube, ou 380 à 440 le stère.

Le gros bois de sapin dont on fait usage dans les salines de Moutiers (Savoie), pour chauffer les chaudières, pèse 21 à 22 livres le pied cube, ou 600 à 680 livres le stère. Sapin.

Si l'on applique ces données aux résultats rapportés par M. Duhamel, relativement à la consommation des fours à réverbère, on trouve que dans le four de M. Guérin 19 quintaux de houille faisaient le même service que 112 pieds cubes de bois de corde, pesant à-peu-près 32 quintaux, et qu'ainsi une partie de houille équivaut à 1,7 de bois (6 pieds cubes); et que dans la verrerie de M. Dartigues une partie de houille peut être remplacée par 1,66 de bois très-sec, ce qui s'accorde parfaitement, et fait disparaître l'avantage extraordinaire que semblait présenter la méthode de conduire le feu imaginée par M. Guérin, méthode bonne sans doute, mais qui ne paraît pas avoir produit une économie bien considérable dans la consommation du combustible. Quant au four à pain de Sarrebruck, si l'on était certain qu'il ait été chauffé avec des branches menues ou du bois de charbonnage, il donnerait une partie de houille pour 1,78 de bois, résultat très-rapproché de ceux de MM. Guérin et Dartigues; mais comme l'expérience est ancienne, il paraît qu'on n'en connaît pas tous les details.

Dans la verrerie à bouteilles de Souvigny (Allier), on consomme 20 à 25 poinçons, le plus souvent 24 poinçons de houille, équivalant à 12,600 livres, par fonte qui dure un peu plus de 24 heures. Cette verrerie est à 8 pots; on y Verreries.

emploie de la houille des Gabliers, qui est dure, collante, active, et une des meilleures pour cet usage.

A Décise (Nièvre), des fours à verrerie semblables consomment 25 à 27 poinçons de houille de la *Machine*, pesant 12,500 à 13,000 livres. Dans la verrerie d'Epinac, la houille est de moins bonne qualité, et on en brûle 30 à 35 poinçons, équivalant à 15 à 18,000 livres pour la même opération.

Les propriétaires de ces verreries m'ont assuré savoir par expérience, que pour chauffer un four à 8 pots semblables aux leurs, il fallait compter sur une consommation journalière de 24 cordes de bois, en y comprenant ce qu'on est forcé de distribuer aux ouvriers pour leur usage; ainsi, pour remplacer 13,000 de houille, il faut moins de 29,000 de bois, et pour une partie moins de 2,2.

Évaporation. Pour évaporer une partie d'eau dans les salines, on consomme de 0,33 à 0,43 parties de bois, 0,15 à 0,20 de houille; c'est-à-dire, à très-peu-près, deux parties de bois pour une de combustible minéral. Ce rapport paraît être celui sur lequel il faut compter dans la pratique.

M. de Rumford a trouvé, à l'aide de son calorimètre, qu'une partie de bois ordinaire peut vaporiser 5 parties d'eau à 0°, une partie de bois très-sec 7 parties, et une partie de charbon de bois 9 parties. (*Journal des Mines.*) Selon MM. Clément et Freyssinet, une partie de houille est capable de vaporiser 10 parties d'eau. (*Annales des Mines*, vol. III.)

On voit, par une note de Guyton, insérée dans le tome LXIX des *Annales de Chimie*, p. 189;

que d'après des calculs basés sur la théorie de la combustion, et des expériences faites au calorimètre, M. Clément a été conduit aussi à ce rapport. Voici la note : « M. Clément, profitant » des lumières de l'expérience de M. Montgolfier » dans l'art de calculer les effets des fourneaux, » de proportionner leurs dimensions, et de dis- » poser leurs différentes parties relativement au » besoin que l'on a de calorique, a reconnu, par » expérience, qu'en pratique il fallait faire affluer » sur le combustible plus de trois fois autant d'air » pour la combustion parfaite que la théorie » n'en indique. *Pour* 1 *de bois, il faut* 10 *d'air;* » *pour* 1 *de houille,* 20 *d'air :* ce qui, d'après » le rapport de 22 à 78 entre l'oxigène et l'azote » dans la composition de l'air atmosphérique, » donne en oxigène 2,20 du poids du bois et 4,4 » du poids de la houille. Pour comparer ces quan- » tités avec celles que donnerait la combustion » par de l'oxigène pur, on peut partir des ex- » périences de Lavoisier et de Laplace, lesquels » ont trouvé que 100 en poids de charbon con- » sommaient dans leur combustion 251 d'oxigène » pur, et que la quantité de calorique dégagée » fondait 9638 de glace. M. Clément conclut de » ces données qu'il faut en oxigène pur 0,83 du » poids du bois, et 1,66 du poids de la houille » pour opérer leur combustion respective, en » déduisant ces quantités *des valeurs calori-* » *fiques des combustibles estimées par le calo-* » *rimètre,* dans l'hypothèse que la quantité de » calorique dégagée est proportionnelle à la » quantité d'oxigène qui opère la combustion; » or les nombres 0,83, 1,66 excèdent peu le » tiers de 2,20, 4,40. M. Clément a fait une » vérification directe de ce résultat, en re-

» cueillant le gaz qui s'échappait par la che-» minée, et qu'il a reconnu être de l'air, con-» servant à-peu-près les $\frac{2}{3}$ de son oxigène. »

Consommation de houille et de bois pour une partie de fonte moulée.

Selon M. Duhamel, dans les petits fours à réverbère on consomme 10 à 16 parties de houille pour 16 parties de fonte moulée, 600 à 1,000 pour 1,000. L'équivalent en bois, d'après les rapports extrêmes de 1,66 à 1 et 2 à 1, serait de 100 à 166 en poids, et pour un millier ancien de 34 à 55 pieds cubes de bois dur à brûler, ou de 60 à 100 pieds cubes de bois de charbonnage.

Il paraît que dans les grands fourneaux la consommation est un peu moins forte; au moins il en est ainsi dans la fonderie royale de canons de Nevers, où l'on coule des pièces de tous calibres pour la marine. On charge chaque four de 2650 kilogr. de fonte, environ 5000 livres; la fusion a lieu en trois heures, et on brûle 5 poinçons de houille de Décise, qui a toutes les propriétés requises par M. Duhamel. Le poids de ces 5 poinçons est à très-peu-près de 2500 livres; il faut y ajouter $\frac{1}{5}$, ou 400 à 500 livres pour sécher les moules, etc.: total, 3000 livres au plus. Dans les grands moulages le déchet est d'un quart; les 5000 livres de fonte ne donnent que 3800 de moulerie propre à être employée. Ainsi, pour fondre 1000 livres de fonte on consomme 500 livres de houille, qui équivalent à 830 ou 1000 livres de bois de corde, et à 50 ou 60 de bois de charbonnage; et pour obtenir 1000 livres de fonte moulée, on brûle 790 livres de houille, qui peuvent être remplacées par 1300 à 1600 de bois, poids de 45 à 54 pieds de gros bois dur, ou 78 à 97 pieds cubes de bois de charbonnage.

MÉMOIRE

Sur la température de l'intérieur des Mines, par M. de Trébra. (Freyberg, le 19 mars 1814.) *Traduit de l'allemand par M.* Schreiber, *inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines* (1).

Dès le premier pas que je fis dans l'intérieur de la terre, je trouvai dans les diverses profondeurs où j'eus occasion de descendre, et qui surpassaient celles des caves ordinaires, que la température y était plus haute que je ne l'avais imaginé; et cela uniquement d'après mes sensations physiques. Je trouvai ensuite cette remarque confirmée dans les mines mêmes par la température de l'eau qui sort de l'intérieur des rochers, et qu'on emploie dans les mines pour empêcher que la glace, pendant l'hiver, ne s'accumule autour des roues des machines hydrauliques, et ne rende leur mouvement trop difficile. Je croyais devoir regarder la tiédeur de ces eaux, et leur circulation dans l'intérieur des masses de rochers et des mon-

(1) Nous avons déjà donné, dans le premier volume des *Annales des Mines*, page 377 et suivantes, des résultats d'expériences faites par M. *de Trébra* dans l'intérieur des mines, pour en déterminer la température. M. *de Trébra* ayant publié depuis les détails de ces expériences, nous croyons devoir les faire connaître également, afin que l'on puisse conclure le degré de confiance qu'elles méritent.

tagnes, comme la principale cause des compositions et décompositions qu'on remarque si fréquemment dans les gîtes de minerai, et dont j'ai parlé dans mes *observations sur l'intérieur des montagnes en* 1783. *Lettre III, p.* 36-37, etc.

Cependant, aucune de ces observations n'avait encore été soumise à une expérience directe; tout se bornait à des sensations corporelles, sans preuves qui auraient pu les confirmer ou infirmer. Il n'était ni facile, ni praticable, de porter des thermomètres dans tous les lieux que je visitais alors comme bergmeister (directeur des mines du district de Marienberg), à cause de la fragilité de ces instrumens, et de leur dérangement causé par leur usage. Il est d'ailleurs difficile, lorsqu'on est chargé d'une multitude de travaux de service, d'avoir assez de loisir pour s'appliquer avec l'exactitude requise aux recherches de la partie spéculative. L'étude des sciences exige son temps, comme la pratique demande le sien; souvent une partie force de négliger l'autre, si l'on ne veut pas manquer le but de toutes les deux.

En l'an 1805, je reçus deux thermomètres, renfermés dans un second tube de verre, qui facilitaient beaucoup l'entreprise que je projetais, de faire des expériences suivies sur la température de l'intérieur des rochers. Peu de temps après, je fis placer un de ces instrumens dans la deuxième galerie de la machine hydraulique (gezeugstrecke) de la mine de *Beschert-glück*, l'autre dans la sixième galerie de la même mine, et une troisième fut suspendue au jour, à l'air libre et à l'entrée de la mine. On choisit, pour ceux placés dans l'intérieur, des endroits

éloignés des travaux en activité, où l'air circulait le moins, et où l'on passait rarement avec des lampes ou autres lumières. Leur place fut taillée dans le roc écarté du filon, et l'on y pratiquait un trou pour recevoir la boule qui contenait le mercure. Cette niche fut fermée avec une vitre, à travers laquelle il était facile d'observer la hauteur du mercure, sans qu'on eût besoin d'approcher trop près la lumière. Cette porte de verre fut recouverte par une autre en planche, et fermée à clef. Les sous-maîtres-mineurs de la mine avaient seuls la clef de cette porte, et ils étaient chargés, outre leurs fonctions ordinaires, d'observer les thermomètres dans chaque poste, et avant d'en être relevés par ceux qui venaient après; c'est-à-dire à 4 heures du matin, à midi et à 8 heures du soir, et d'en référer au maître-mineur en chef, qui inscrivait dans le tableau qu'on lui avait tracé le résultat des observations des sous-maîtres-mineurs. Les officiers des mines et les employés, qui avaient connaissance de ces thermomètres, les visitaient aussi quelquefois, et contrôlaient, pour ainsi dire, les observations faites.

Depuis le mois d'août 1805 jusqu'au même mois 1807, les deux premiers thermomètres déposés dans la mine de *Beschertglück*, près *Freyberg*, furent de cette manière observés journellement trois fois avec tous les soins possibles; et l'on trouva que celui de la deuxième galerie et celui de la sixième galerie restaient au même point où ils étaient, pendant que le thermomètre au jour indiquait, comme de raison, toutes les variations que l'air atmos-

phérique éprouve dans les différentes saisons. Celui de la deuxième galerie, qui était plus voisin du jour, éprouva une ou deux fois, dans le commencement des observations, la petite variation d'un quart de degré. On n'a pu savoir si cette variation était due à l'inexpérience des observateurs, ou si elle provenait de l'influence de l'air extérieur; mais dans la suite elle ne se présentait plus, et le thermomètre restait invariablement fixé *à neuf degrés de Réaumur*. Celui placé dans la sixième galerie, à 294 pieds de Leipsick (82 ,35) plus bas que le précédent, marquait, dès le commencement, *douze degrés*, et ne changea plus. Après ces observations journalières pendant deux ans, où l'on trouvait constamment le même degré de température, il me parut inutile de faire continuer si soigneusement cette expérience; aussi ne visitait-on plus que de temps à autre les thermomètres qui ne variaient pas.

Les mêmes dispositions furent faites, et les mêmes précautions employées pour quatre autres thermomètres que je fis placer, en 1815, dans les mines d'*Alte-Hoffnüng-Gottes, à Grosvoigtsberg*, et de *Himmelsfürst*, près *Erlendorf*, lesquels donnèrent le même résultat : là où l'air extérieur ne pouvait pas les atteindre, ils ne variaient jamais, et indiquaient toujours une plus haute température à mesure qu'on les descendait à une plus grande profondeur; ils marquèrent 15 degrés de Réaumur au-dessus de zéro dans la mine d'*Alte-Hoffnüng-Gottes*, à la profondeur de 1207 pieds au-dessous de la galerie d'écoulement. Ceux qui séjournaient dans les troisième et cinquième galeries (*Gezeug-*

strecke) de la mine de *Himmelsfürst* firent seuls une exception; mais comme il y a plusieurs puits aux environs du lieu où les thermomètres étaient suspendus, il est à croire que l'air extérieur, pénétrant par ces puits, a modifié la température du rocher intérieur; et il est à présumer que la variation du thermomètre diminuera et cessera enfin entièrement, lorsque les percemens, dont on s'occupe maintenant, seront achevés, et que le courant d'air aura pris une direction constante.

Il est remarquable que le mercure reste toujours au même point dans le thermomètre, tant que l'on ne déplace pas l'instrument, et que la température augmente proportionnellement à la profondeur à laquelle on descend; dans la mine d'*Alte-Hoffnüng-Gottes*, où l'on a atteint la plus grande profondeur, la température s'élève à mesure qu'on s'enfonce dans la proportion suivante:

A 255 pieds et demi (Leipsick) au-dessous de la surface du terrain, le thermomètre indique au-dessus de zéro.......... 7 degrés.

A 601 pieds et demi......... $10\frac{1}{4}$

A 953 pieds................. 12

A 1348 pieds et demi......... 15

D'après les observations faites dans les mines d'*Alte-Hoffnüng-Gottes*, de *Beschertglück* et de *Himmelsfürst*, distantes entre elles d'environ trois milles d'Allemagne, et situées toutes les trois dans des montagnes de gneiss, qui ne renferment ni beaucoup de pyrites, ni d'autres substances inflammables, on pourrait admettre, en prenant la moyenne proportionnelle, que la

température augmente d'environ *un degré de Réaumur pour* 150 *pieds de profondeur* (42$^{m.}$,016); d'où il résulterait qu'à la profondeur de 1,196,250 pieds, le fer entrerait en fusion, et ce point serait encore bien éloigné du centre de la terre.

On a fait une foule d'expériences avec des thermomètres portés à la main dans d'autres mines des districts de *Freyberg*, d'*Altenberg*, de *Schneeberg*, et même en *Hongrie*; mais quoique ces expériences ne puissent pas mériter la même confiance que celles faites avec des thermomètres à demeure fixe dans les mines, aucune n'en a cependant contredit le résultat que j'ai obtenu.

MÉMOIRE

Sur les alliages de cuivre et de zinc, par M. le docteur Cooper, *professeur de chimie et de minéralogie à Philadelphie.* (Emporium of Arts and Sciences. *vol. III*, 2e. *série.*)

EXTRAIT ACCOMPAGNÉ DE NOTES (1);

Par M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Principaux alliages de cuivre et de zinc.

Les principaux alliages du cuivre et du zinc sont, 1°. le laiton ou cuivre jaune; 2°. le métal du Prince, préparé pour la première fois, en 1682, par le prince Robert; 3°. le pinchbeck; 4°. l'or de Manheim ou similor; 5°. le tombac, etc.

(1) Ce mémoire est un abrégé de tout ce qui a été publié de plus important sur le laiton dans ces derniers temps. M. Cooper en a puisé les matériaux dans les ouvrages anglais de Aikin et de Watson, qui eux-mêmes ont rassemblé tout ce qu'ils ont pu trouver sur cette matière. M Keating, jeune américain, qui suit les cours de l'école en qualité d'élève externe, a eu la complaisance de le traduire. On a pensé que dans un moment où nos fabricans de laiton, privés de la calamine que leur fournissait la Belgique, sont obligés de modifier leurs anciens procédés, et cherchent à les perfectionner, il pourrait être utile d'insérer le présent extrait dans ce recueil.

On trouvera dans les *Arts et Métiers de l'Académie*, dans le *Traité de la fonte des mines de Gensanne* et dans l'*Encyclopédie* par ordre de matières, une description complète et très-exacte du procédé qu'on suit le plus généralement pour fabriquer du laiton, et dans les *Voyages métallurgiques* de Jars et Duhamel (vol. III, pag. 71 à 212), des notices fort intéressantes sur les diverses méthodes qui étaient usitées de leur temps dans les principales contrées de l'Europe. Nous engageons nos lecteurs à consulter ces excellens ouvrages.

L'orichalchum des anciens, analogue à ces alliages, était de trois sortes : 1°. le cuivre des montagnes dont parle Hésiode ; 2°. le cuivre corinthien, résultat de la fonte des statues, etc., à la prise de Corinthe ; 2°. le laiton ordinaire, fait en fondant le cuivre avec la cadmie ou la calamine.

Fabrication. (1) Il n'est pas facile d'obtenir une combinaison parfaite du zinc et du cuivre par une simple fusion de ces deux métaux dans des vases ouverts ; car à une chaleur moindre que celle nécessaire pour fondre le cuivre, le zinc se volatilise et s'enflamme, et il s'en perd une grande quantité avant que la formation de l'alliage ait pu avoir lieu, et même quand l'alliage est fondu le zinc continue à brûler dans des vases ouverts ; de sorte qu'on pourrait ainsi le séparer presque complétement du cuivre (2). Afin donc de combiner le cuivre avec le zinc,

(1) Tout ce qui suit, jusqu'à la fin du premier alinéa de la page 71, a été tiré du *Dictionnaire de Chimie* de Aikin, volume Ier., page 166.

(2) Lorsqu'on tient à découvert un bain de laiton fondu, il s'en élève une flamme bleue très-vive, mêlée d'une fumée épaisse d'un blanc éblouissant. Si on laisse le bain en repos, il se recouvre promptement d'une croûte mince, et la flamme s'éteint. Si on enlève cette croûte, la flamme se reproduit, et elle dure tant qu'on agite la matière en fusion. Il résulte de ce fait, et de plusieurs autres que je ne puis rapporter ici faute d'espace, que la température qui tient simplement le laiton en fusion n'est pas suffisante pour en volatiliser le zinc; cependant la flamme et la fumée épaisse qui l'accompagne ne peuvent être dues à l'oxide de zinc, puisque cette substance est une des plus fixes que l'on connaisse. Il se forme donc nécessairement de la vapeur de zinc métallique, qui se transforme en oxide dans l'atmosphère : voici, je crois, l'explication de ce phénomène. Lorsque le bain métallique est découvert une portion du zinc brûle, et il en résulte une élévation de

sans éprouver une aussi grande perte (1), on a imaginé le procédé ingénieux de la *cémentation* (2), qui consiste à chauffer dans un vais-

température subite et locale, qui volatilise une autre portion de zinc contenue dans la couche supérieure du laiton. Cet effet dure un certain temps, mais il décroît promptement, et cesse bientôt si on n'agite pas la matière, parce que, 1°. la proportion du zinc diminue continuellement dans la couche de laiton en contact avec l'air, et que ce qu'il en reste exige une chaleur plus forte pour être volatilisé; 2°. l'oxide de zinc et le cuivre s'accumulant à la surface, la combustion se ralentit, d'où il résulte que la température décroît sans cesse; 3°. et enfin, parce qu'il vient un terme où l'air refroidit assez la superficie du métal fondu, sur lequel d'ailleurs l'oxide de zinc s'accumule continuellement pour y former une croûte solide, et empêcher par-là le contact, avec l'oxigène de l'atmosphère, du zinc, que l'affinité pourrait faire remonter des parties inférieures à la surface. En enlevant la croûte solide qui recouvre le bain, ce contact a lieu, et les mêmes phénomènes se reproduisent.

Beaucoup d'alliages et un grand nombre de combustibles présentent des résultats analogues; c'est un effet général de la combustion, et qui n'a peut-être pas été assez remarqué, que la haute température à laquelle se trouvaient portées les molécules d'un combustible voisines de celles qui entrent en combinaison avec l'oxigène: il explique, d'une manière très-satisfaisante, des phénomènes dont la théorie a toujours paru fort louche, tels que ceux que présentent la coupellation, l'état de liquidité parfaite dans laquelle se trouve la litharge quand l'opération marche bien; son épaississement lorsque l'essai est noyé, quoiqu'on élève la température de la moufle; la volatilisation de l'argent et la volatilisation considérable du plomb; la coagulation du bouton aussitôt après l'éclair, etc., etc.

(1) On verra par la suite qu'on peut combiner directement le cuivre et le zinc, sans éprouver de perte notable.

(2) L'expression de *cémentation* ne doit pas être prise dans un sens rigoureux. Effectivement, dans ce procédé le cuivre et le zinc se combinent ensemble; l'un au moment où il est ramolli ou fondu, et l'autre à l'instant où il se produit. Le zinc en vapeur ne pénètre pas couche par couche dans le

seau fermé des couches alternatives de copeaux de cuivre, avec un mélange de minerai de zinc et de charbon, et à entretenir le feu jusqu'à ce que le cuivre soit entièrement imprégné de zinc.

On fait du laiton dans beaucoup de pays, mais nulle part en aussi grande quantité, ni d'aussi bonne qualité (1) qu'en Angleterre, où ses deux principes se trouvent en abondance. Les minerais de zinc sont la calamine ou la blende. La blende accompagne presque toujours les mines de plomb; il y en a beaucoup dans le Devonshire, le Derbyshire, et dans la partie septentrionale du pays de Galles.

Préparation du minerai à Holywell, dans le Flintshire.

A Holywell (Angleterre), on pulvérise et on lave la calamine pour en séparer le plomb qui s'y trouve mélangé en grande quantité; puis on la calcine sur une aire en briques, large et peu profonde, placée au-dessous d'un four chauffé au rouge, et on a soin de la remuer souvent. Dans quelques endroits on la calcine, en en faisant des cônes formés de couches alternatives de minerais et de charbon, et qui reposent sur un lit de gros bois. La calamine calcinée est broyée sous une meule, et en même temps mêlée avec un tiers ou un quart de son poids de charbon de bois. Dans quelques endroits on a essayé de substituer de la houille au charbon de bois, mais on a reconnu que cela nuisait à la malléabilité du laiton.

---

cuivre rouge solide, comme le charbon dans le fer, etc. Il ne dépend pas non plus du manipulateur d'*imprégner* plus ou moins le cuivre de zinc, en entretenant le feu pendant un temps plus ou moins long.

(1) Les fabricans de Namur, de Stolberg, et les fabricans français, sont loin de regarder comme exacte cette assertion de M. Aikin.

(Suit la description des fours qui n'ont rien de particulier.)

Les creusets sont remplis de la calamine mélangée de charbon et de cuivre rouge. Quelquefois aussi on y met du laiton hors d'usage; la plupart du temps on granule tout le cuivre et le laiton, en le faisant tomber à travers un crible dans une citerne remplie d'eau comme le plomb. On remplit les creusets de charbon en poudre; on les couvre, et on lute le couvercle avec un mélange d'argile et de fiente de cheval. Charge-ment des creusets.

A Holywell (en Angleterre), on chauffe à-peu-près pendant 24 heures; dans d'autres endroits l'opération ne dure que 12 heures: cela dépend de la nature du minerai, de la grandeur des fours, etc. Vers la fin, une partie du zinc réduit, et qui ne s'est pas trouvé en contact avec le cuivre, passe à travers les fentes du lut, et brûle autour des pots avec la flamme bleue et la fumée blanche et épaisse qui caractérisent le métal. Durée de l'opération.

La chaleur nécessaire pour fondre le laiton est un peu moins forte que celle qu'exige le cuivre rouge en gros morceaux. Le zinc en vapeur pénètre le cuivre, et se combine avec lui dès qu'il est ramolli par une chaleur rouge foncée. Dès qu'on juge que la combinaison est complète, on donne un coup de feu pour mettre le laiton en pleine fusion, et on le coule en planches. Intensité de la chaleur.

Le plus ordinairement, on distribue dans les creusets 40 livres de cuivre, 60 livres de calamine et du charbon, et on obtient 60 livres de laiton (1). Le procédé qu'on vient de décrire est

(1) D'après cela le laiton contiendrait 0,33 de zinc, et la calamine en produirait autant; ce qui est très-considérable.

celui qu'on suit, avec quelques modifications locales, dans la plupart des fabriques en Angleterre.

En Saxe.

En Saxe, c'est avec la cadmie, qu'on ramasse dans les fours à réverbère qui servent à griller des mines de plomb mêlées de zinc, et non avec la calamine, qu'on fait le laiton. Selon Swedemberg, on emploie 30 parties de cuivre, 40 à 45 parties de cadmie, et deux fois son volume de charbon de bois.

En France.

Dans beaucoup de manufactures françaises, on se sert de 35 de cuivre rouge, 35 de vieux cuivre jaune, 40 de calamine et 20 à 25 de charbon.

En Suède.

En Suède, les proportions des mélanges sont de 30 parties de cuivre rouge, 20 à 30 de vieux laiton, 40 de calamine, avec une quantité de charbon que l'auteur ne cite point.

Produits.

Le produit du laiton varie, mais il paraît qu'il n'est que dans peu d'endroits aussi considérable que celui qu'on obtient en Angleterre; on attribue cette différence, dans les résultats, en partie à la bonté de la calamine, et en partie à ce que le cuivre étant réduit en grains très-petits (en le jetant tout fondu dans l'eau froide) il offre à la vapeur du zinc une plus grande surface par laquelle la combinaison peut s'opérer.

Fabrication du laiton à Stolberg.

A Stolberg, où l'on fabrique une grande quantité de laiton, les fours contiennent huit creusets, qui ont chacun 12 pouces de hauteur sur 8 à 9 pouces de diamètre; ils sont découverts, et lorsqu'on les retire du feu ils sont remplis de charbon et de houille, que l'ouvrier enlève avec un outil qu'on nomme le *tilloul*. On fait d'abord ce qu'on appelle de l'*arcot* avec 40 livres de cuivre, 65 livres de calamine et le

double de son volume en charbon. L'opération dure douze heures. On concasse l'arcot, et on lui fait subir une nouvelle fusion, en le stratifiant avec de la calamine mélangée de charbon (1).

Selon Watson (2), voici le procédé qu'on suit le plus généralement pour fabriquer du laiton.

Le cuivre en plaques minces, ou mieux granulé de la grosseur du gros plomb, est mêlé avec de la calamine et du charbon. On chauffe pour réduire la calamine, mais pas assez pour fondre le cuivre rouge; la vapeur du zinc se combine au cuivre et lui communique une couleur jaune, et elle s'y unit en proportion d'autant plus grande que le cuivre présente plus de surface; voilà pourquoi il est avantageux de le granuler, et il ne faut pas le fondre trop rapidement; car alors il se réunirait promptement en une seule masse qui se porterait au fond des creusets, et le zinc se volatiliserait en pure perte. On ne doit donner un coup de feu un peu fort qu'à la fin de l'opération.

Du temps d'Erckerg, on faisait le laiton avec 64 livres de cuivre en petits morceaux, 46 livres de calamine et du charbon, et on obtenait 90 liv. d'alliage. Consommation et produits en Allemagne.

Cramer recommande de mêler ensemble 3 parties de calamine, 3 parties de charbon et 6 parties de cuivre, et il dit que le poids du laiton doit excéder celui du cuivre, d'au moins un quart et même un tiers.

(1) Ce procédé est celui qu'on suit à Namur, dans le nord de la France, etc., avec quelques légères variations. On en trouve une description plus exacte et plus détaillée dans plusieurs ouvrages français.

(2) Ce qui suit, jusques à la fin de la page 75, est tiré du 4e. volume des *Mémoires de Watson*, évêque de Landaff.

En Angleterre.

Dans la plupart des usines de l'Angleterre, on se sert de 45 livres de cuivre et 60 livres de calamine, et on obtient entre 60 et 70 livres de laiton; on porte la moyenne des produits à 68 liv., ce qui fait un peu plus de 150 livres de laiton pour 100 livres de cuivre. Cette augmentation de poids est plus considérable que par-tout ailleurs, ce qui est dû à la meilleure qualité de la calamine, et à ce qu'on se sert de cuivre granulé.

On prétend que l'augmentation de poids dépend beaucoup aussi de la nature du cuivre, et que lorsque les cuivres de Suède et de Hongrie prennent 28 livres, celui de Norwége ne prend que 38 livres, et celui d'Italie 26 livres (1).

Laiton propre à faire des chaudières et du fil.

Quand on veut obtenir du laiton propre à faire des chaudières et du fil, on se sert de calamine de la première qualité, et on en met en plus grande quantité que pour le laiton ordinaire; ordinairement on fond 56 livres de calamine avec 34 livres de cuivre rouge.

Le vieux laiton qui a été souvent refondu, quand il est mélangé avec le cuivre et la calamine, donne du laiton beaucoup plus ductile et plus propre à faire du fil, que celui qui est fait avec du cuivre rouge seul. Le fil de laiton d'Allemagne, et particulièrement celui de Nuremberg, est, dit-on, plus propre que celui d'Angleterre à faire des cordes d'instrumens de musique; mais il est probable que c'est un préjugé.

Charbon consommé.

La proportion de charbon qu'on mêle à la calamine varie beaucoup; elle est le plus ordinairement du quart de son poids.

Poussière de houille.

La poussière de houille, par-tout où on a voulu s'en servir

(1) L'expérience a prouvé aux fabricans français que le meilleur de tous les cuivres, pour la fabrication du laiton, est celui de Dronthein en Norwége.

pour remplacer en tout ou en partie le charbon de bois, a beaucoup nui à la malléabilité du laiton.

Procédé d'Emerson pour faire du laiton avec le cuivre et le zinc.

En 1781, un brevet d'invention fut accordé à M. James Emerson, pour faire du laiton avec le cuivre et le zinc. Il est dit dans le brevet que le zinc est fondu dans une cuve de fer, puis versé sur un crible et granulé. 54 livres de cuivre granulé sont mélangées avec 10 livres de calamine, et environ un boisseau (32 litres) de charbon; on distribue cette masse dans huit creusets, en mettant au fond de chacun 3 livres de zinc granulé. On chauffe pendant 12 heures, et on doit obtenir 82 livres de laiton d'une qualité supérieure à celui que donnent le cuivre et la calamine (1).

Procédé de Champion pour faire le laiton par la vapeur du zinc et le cuivre en planches.

M. John Champion, métallurgiste fort ingénieux, et frère de celui qui, le premier, a établi une fabrique de zinc à Bristol, a obtenu dernièrement un brevet d'invention pour la confection du laiton, en combinant le zinc en vapeurs avec le cuivre rouge en plaques fortement échauffées. Son laiton est, dit-on, fort bon.

Procédé de Cramer pour faire du laiton pur.

Cramer indique un procédé fort ingénieux pour faire en petit, dans un laboratoire, du laiton qui ne contienne que du cuivre et du zinc. Il prescrit de mettre dans un creuset un mélange de calamine, de charbon et d'argile humecté, et par-dessus quand le mélange est sec, une plaque de cuivre peu épaisse, ou des morceaux de cuivre mêlés avec du charbon, puis de chauffer graduellement. La vapeur du zinc tra-

(1) Si le résultat était tel qu'on l'indique, ce procédé serait extrêmement avantageux; mais on ne voit pas à quoi sert de granuler le zinc.

verse l'argile, et se combine avec le cuivre; tandis que les autres métaux, tels que le fer et le plomb, qui ne sont pas volatils, restent mêlés dans la matière argileuse, sur laquelle se moule le laiton fondu sans pouvoir la pénétrer.

Au surplus, le soin de préserver le laiton du mélange des métaux qui se trouvent avec la calamine n'est pas nécessaire. Ce mélange nuit peut-être à sa malléabilité; mais il augmente en même temps sa dureté, le rend susceptible de prendre un plus beau poli, et lui donne des nuances de couleur qui le font plus rechercher par certains manufacturiers que le laiton pur.

Le laiton renferme quelquefois des noyaux ou des parties plus dures que le reste de la matière, ce qui tient à la présence du fer qui se décèle par la vertu magnétique qu'il communique au laiton; c'est un défaut très-gênant dans beaucoup de circonstances, sur-tout lorsqu'on se propose de faire des boîtes de boussole (1).

(1) Le fer n'est que disséminé d'une manière irrégulière dans le laiton, et mélangé mécaniquement; il ne s'y combine pas. Lorsqu'on retire les pots des fours, et qu'on en a enlevé les braises, etc., on trouve à la surface du métal en fusion des clous, des débris de fil de fer, etc., qui proviennent des mitrailles que l'on met ordinairement dans le mélange. Les braises lavées donnent un sable composé du résidu de la calamine et de toutes sortes de débris, et qui renferme une multitude de grains de fer, la plupart plus petits qu'une tête d'épingle; ils doivent leur origine à l'oxide de fer que contiennent presque toutes les calamines. Ces grains seraient dans l'état le plus propre à se dissoudre dans le laiton, s'ils avaient avec lui la moindre affinité. Il en reste çà et là quelques-uns en suspension, lorsque l'on coule l'alliage trop promptement; mais si on le laisse quelques instans en repos après l'avoir remué, et si l'on a le soin de gratter l'intérieur du pot avec le tilloul pour en détacher tout ce qui peut y adhérer, et d'enlever exactement les matières étrangères qui viennent nager à sa surface, le laiton n'a plus d'action sur le

On se sert plus rarement de la blende que de la calamine pour faire le laiton. Les fabricans ont varié dans leur opinion sur cette matière. Les uns l'ont préférée à la calamine, d'autres l'ont entièrement rejetée, et les mêmes personnes l'ont jugée différemment à différentes époques. Cette divergence peut être attribuée soit à une différence dans la qualité des minerais, soit au défaut d'expérience de ceux qui étaient chargés d'en faire le grillage. Il y a quelques années que plusieurs cargaisons, amenées de Cornouailles à Bristol, se vendirent à un prix qui s'éleva jusqu'à 20 fr. les mille livres. Néanmoins il ne paraît pas qu'on ait continué à en faire usage dans cette ville (1). Emploi de la blende pour faire le laiton.

(2) On peut obtenir de très-beau laiton, au moyen des oxides de cuivre et de zinc. M. Sage en a le premier donné l'idée : « Mêlez, dit-il, » 52 parties d'oxide de cuivre, résidu de la cal- » cination du vert-de-gris qui est très-pur, avec » 100 parties de pierre calaminaire, 400 par- » ties de flux noir, et 30 parties de charbon en Alliage de cuivre et de zinc avec les les deux oxides.

barreau aimanté, et on n'y découvre pas la moindre trace de fer par l'analyse.

Le fer disséminé dans le laiton le rend très-dur, et diminue beaucoup sa malléabilité et sa ténacité. Il lui communique aussi le défaut de se couvrir de taches de rouille quand il reste exposé à l'air. On reconnaît facilement sa présence à l'aide du barreau aimanté.

(1) Les essais que M. Boucher, fabricant de l'Aigle, vient de faire dans ses usines, de concert avec l'administration des mines, ne laissent plus de doute sur la possibilité de remplacer avec avantage la calamine par la blende, pour faire du laiton et du zinc.

(2) Ce qui suit, jusqu'au deuxième paragraphe de la page 81, est tiré de l'ouvrage de Aikin déjà cité.

» poudre; fondez le mélange, et vous trouverez » un culot de laiton qui pesera $\frac{1}{6}$ de plus que le » cuivre qu'aurait produit l'oxide de cuivre, s'il » eût été réduit sans addition de calamine. »

Point de saturation du cuivre et du zinc.

M. Sage a observé que lorsque l'alliage ne renferme que $\frac{1}{7}$ de zinc, il n'en abandonne pas un atome à quelque température qu'on l'expose, pourvu que l'air n'ait pas d'accès dans le creuset; tandis que quand le zinc dépasse cette proportion, qui semble être un terme de saturation, on peut volatiliser l'excédant même en vaisseaux clos.

Métal du Prince.

Pour faire le métal du prince Robert, on fond 5 parties de cuivre et une de zinc, en ayant soin de recouvrir les métaux de charbon.

Pinchbeck.

Pour faire le pinchbeck, on fond ensemble une partie de laiton avec une partie $\frac{1}{2}$ de cuivre.

Tombac.

Pour faire le tombac, on emploie 3 parties $\frac{1}{2}$ de cuivre rouge et une partie $\frac{1}{2}$ de laiton.

Ces alliages sont ordinairement moins malléables que le laiton, parce que les matières avec lesquelles on les compose sont souvent impures.

Différens alliages faits par Margraff.

Lorsqu'on combine le zinc au cuivre, il est à propos de commencer par fondre le cuivre; on y ajoute ensuite du zinc; on remue avec une baguette, en ayant soin de tenir la surface du bain couverte de poussière de charbon, et on coule le plus tôt possible.

Margraff a essayé d'allier ensemble différentes proportions de zinc et de cuivre, en opérant comme il vient d'être dit. Avec 8 parties de zinc et 8 de cuivre, il n'a obtenu que 12 parties d'alliage; avec 8 parties de zinc et 16 de cuivre, il en a eu 23 parties et $\frac{5}{6}$ (la perte a été presque nulle); ces alliages étaient jaunes, radiés et

peu malléables. En diminuant la proportion du zinc, ils devenaient d'autant plus ductiles, et leur couleur se rapprochait de celle de l'or.

On ajoute quelquefois une petite quantité d'étain aux alliages de zinc et de cuivre; mais cette addition a l'inconvénient de diminuer singulièrement leur malléabilité. Cependant Baumé dit qu'on peut obtenir un très-beau tombac malléable avec 16 parties de cuivre, une de zinc et une d'étain (1). **Addition d'étain.**

Klaproth a analysé quelques médailles romaines, frappées dans le premier siècle des empereurs, qu'il a trouvées composées de cuivre et de zinc, dans la proportion de 4 à 1 et de 5 à 1. Quelques-unes renfermaient aussi un peu d'étain et un peu de plomb. **Médailles romaines.**

Le laiton est d'un beau jaune qui se rapproche plus ou moins de la couleur de l'or. Il est plus fusible que le cuivre, moins sujet à s'oxider par le contact d'un grand nombre de substances qui corrodent le cuivre avec tant de facilité. Il est aussi malléable à froid, et peut même s'étendre davantage, ce qui le rend très-propre à faire du fil très-fin; mais il est très-cassant à chaud (2). **Propriété du laiton.**

On a remarqué que le laiton acquiert la pro-

(1) Le laiton contient presque toujours de l'étain; la proportion en est fort variable, mais ordinairement très-petite. Ce métal ne s'y trouve qu'accidentellement, et provient des vieux ustensiles étamés qui entrent dans sa composition.

(2) Il partage cette propriété avec tous les alliages composés de métaux inégalement fusibles; le fer, qui ne contient que quelques millièmes de cuivre, devient brisant à chaud, etc. Il paraît qu'au degré de chaleur propre à fondre le métal le plus fusible, une partie de ce métal tend à se séparer par liquation, d'où résulte que les molécules de l'alliage qui restent solides sont comme suspendues dans un liquide, et se trouvent par-là plus ou moins complétement désagrégées.

priété magnétique lorsqu'on le bat sous un marteau ; on ignore si cela tient à ce qu'il s'y attache des parcelles de fer.

M. Sméathon a trouvé que de 0° au degré de l'eau bouillante, le laiton non battu ni laminé se dilate de 0,001875 en longueur ; le fil de laiton, de 0,001933 ; un alliage de 16 parties de laiton avec de l'étain, de 0,001908 : tandis que dans les mêmes circonstances le cuivre rouge forgé se dilate de 0,00, et le zinc de 0,002108.

Analyse du laiton par oxidation et sublimation du zinc.

Le laiton peut être analysé approximativement, en le tenant fondu à une haute température en contact avec l'air atmosphérique, le zinc brûle et s'échappe pour la plus grande partie ; mais ce moyen n'est point rigoureux, 1°. parce qu'une partie du zinc reste toujours unie avec le cuivre ; 2°. parce qu'une partie de zinc s'oxide aussi vers la fin de l'opération, et augmente le poids du résidu.

Par cristallisation des sulfates de cuivre et de zinc.

On a indiqué de dissoudre dans l'acide sufurique, et de séparer le sulfate de zinc du sulfate de cuivre, par la voie de la cristallisation ; mais l'expérience a fait voir qu'il est impossible d'opérer cette séparation avec quelque exactitude.

En précipitant le cuivre par le fer et le fer par l'acide gallique, etc.

M. Dizé a proposé (1) les moyens suivans : 1°. dissoudre dans l'acide nitrique, et séparer ainsi l'étain à l'état d'oxide ; décomposer la dissolution par la potasse ; redissoudre le précipité dans l'acide sulfurique ; étendre la dissolution de dix fois son volume d'eau ; en précipiter le cuivre à l'état métallique par une lame de fer ; puis le fer par l'acide gallique, et enfin le zinc par un carbonate alcalin. Ce procédé serait bon, si la précipitation du fer au moyen de l'acide gallique n'était pas aussi embarrassante.

(1) *Journal de Physique*, vol. XLVIII.

2°. Dissoudre dans l'acide nitrique, étendre la liqueur de six parties d'eau, y plonger un cylindre de plomb bien décapé, et faire bouillir au bout de quelque temps pour compléter la précipitation du cuivre; précipiter ensuite, par l'acide sulfurique, le plomb qui a remplacé le cuivre dans la dissolution, et enfin le zinc par un carbonate.

En précipitant le cuivre par le plomb, etc.

M. Vauquelin a fait voir tous les inconvéniens de ce procédé (1). Le métal précipité est presque toujours mélangé mécaniquement d'oxide de plomb, et quelque soin qu'on emploie pour éviter ce mélange, le précipité se trouve être un alliage de cuivre et de plomb, dans lequel ce dernier métal entre quelquefois pour 0,63 (2). Ce savant ayant recherché quels sont les meilleurs moyens d'analyser le laiton, s'est arrêté aux deux qui suivent:

1°. Dissoudre dans l'acide nitrique, mettre la dissolution dans un flacon qu'on puisse boucher hermétiquement, afin d'empêcher le contact de l'acide carbonique, et y introduire de la potasse caustique en excès; cet alcali dissout l'oxide de zinc, et laisse l'acide de cuivre qui, desséché à une douce chaleur, est d'un brun-rouge, et représente 0,65 de son poids de métal. Il arrive quelquefois que la liqueur retient un peu de cuivre, qui se dissout à la faveur de l'ammoniac formé par l'action de l'acide nitrique sur le laiton; mais la quantité en est toujours très-petite, et peut être négligée. Ayant le cuivre, on peut conclure le zinc par différence ou doser ce métal, en le précipitant par un

Par la potasse, etc.

(1) *Annales de Chimie*, vol. XXVIII.

(2) Ce moyen serait peut-être le meilleur que l'on puisse employer, si l'on ne voulait doser que le zinc.

carbonate alcalin, après avoir sursaturé la liqueur d'acide sulfurique;

2°. Dissoudre dans l'acide sulfurique concentré, étendre la dissolution de vingt fois son volume d'eau, et y plonger un bâton de zinc bien décapé et exactement pesé, pour en précipiter le cuivre. Précipiter ensuite le zinc à l'état de carbonate, et retrancher du poids obtenu celui qui provient de la portion dissoute du bâton de zinc; le carbonate de zinc contient 0,555 de zinc métallique, selon M. Dizé (1). D'après M. Vauquelin, ce même carbonate, calciné au creuset de platine, donne un oxide qui représente 0,65 de métal (2) (3).

---

(1) J'ai trouvé dans le carbonate de zinc artificiel, qui est un hydrate carbonaté, 0,67 d'oxide, qui équivalent à 0,536 de métal. (*Journal des Mines*, n°. 167, page 356.)

(2) On sait aujourd'hui que l'oxide de zinc ne contient qu'à-peu-près 0,20 d'oxigène, et qu'il représente par conséquent 0,80 de métal.

(3) Les alliages de cuivre et de laiton qu'on trouve dans le commerce contenant presque toujours de l'étain et du plomb, voici le procédé que je préfère pour les analyser:

Traiter par l'acide nitrique pur bouillant, pour recueillir l'oxide d'étain qui reste au fond du vase; rapprocher autant que possible la dissolution, y verser un excès d'acide sulfurique, et chauffer pour expulser tout l'acide nitrique; redissoudre dans une grande quantité d'eau; laisser déposer le sulfate de plomb qui s'est formé, le peser, etc.; précipiter le cuivre pur par le zinc ou par le fer; dans le premier cas, doser le zinc comme l'indique M. Vauquelin; dans le second, rapprocher la liqueur et la faire bouillir avec de l'acide nitrique, pour transformer le protoxide de fer en peroxide; précipiter ce peroxide par un excès d'ammoniac, qui retient l'oxide de zinc en dissolution; faire bouillir la liqueur ammoniacale, en y ajoutant un sous-carbonate alcalin pour décomposer tous les sels ammoniacaux, et peser le carbonate de zinc qui se précipite après l'avoir fortement calciné. On pourrait aussi séparer le peroxide de fer du zinc, en

(1) La calamine de Pologne ne produit que 0,12 à 0,13 de zinc; celle de Breslau, 0,22; celle de Hongrie, 0,12; la calamine anglaise, de 0,16 à 0,30. Richesse des calamines.

Les principales calamines anglaises sont composées comme il suit, selon Jameson: Composition des calamines.

	Holywell.	Derbyshire.	Sommershire.	Wentockhead.
Oxide de zinc......	0,650..	0,652..	0,648..	0,670.
Oxide de fer.......	0,010..	0,000..	0,000..	0,330.
Acide carbonique...	0,280..	0,348..	0,352..	......
Eau...............	0,060..	....	....	......

Les calamines de Freybourg et de Bleyberg ont donné

Oxide de zinc.........	0,360.....	0,714.
Silice................	0,520.....	......
Acide carbonique......	0.........	0,135.
Eau...................	0,120.....	0,151 (2).

Toutes les calamines contiennent de l'oxide de fer; il y en a beaucoup qui contiennent aussi du plomb et d'autres métaux. On peut rarement en séparer complétement ces substances par le triage; quelques-unes se combinent avec le laiton, et influent sur sa qualité. Cramer a indiqué un moyen d'obtenir du laiton pur avec des calamines mélangées. (Voyez page 73.) On n'a pas essayé de l'employer en grand.

---

employant avec précaution un carbonate saturé; mais il serait encore plus exact, pour doser ce métal, de suivre le procédé de M. Dizé, décrit page 79. (Voyez la note (2), page 79.)

(1) Ce qui suit, jusques à la fin, est tiré des *Mémoires de Watson*, volume IV, page 63.

(2) Ces analyses ne peuvent se rapporter qu'à des échantillons choisis, et ne sont peut-être même pas toutes fort exactes. Voyez, pour la composition des calamines, un mémoire inséré dans le n°. 165 du *Journal des Mines*, pag. 341 et suivantes.

Observations sur le cuivre jaune, par M. Chaudet, *essayeur provisoire des monnaies.* (Annales de Chimie, tom. V, p. 321.) *Extrait.*

M. Chaudet ayant soumis à l'analyse trois échantillons de laiton, l'un provenant de Romilly, extrêmement ductile et très-estimé pour les ouvrages au marteau, mais *gras* et se travaillant difficilement au tour; l'autre pris dans le commerce, et le troisième fabriqué à Stolberg, les deux derniers moins ductiles que celui de Romilly, mais très-convenables pour les ouvrages au tour; il les a trouvé composés de,

	celui de Romilly.	celui du Commerce.	celui de Stolberg.
Cuivre........	0,7010....	0,6159....	0,6580.
Zinc..........	0,2990....	0,3530....	0,3180.
Plomb........	0,0000....	0,0286....	0,0215.
Étain.........	.. *trace*...	0,0025....	0,0025.
	1,0000....	1,0000....	1,0000.

Il en a conclu que c'était au plomb que le cuivre jaune du commerce et celui de Stolberg devaient le degré de ductilité recherché par les tourneurs sur métaux (1), et la synthèse a parfaitement confirmé cette conséquence. Mais il a remarqué que lorsqu'on fait un alliage avec les métaux purs, on obtient, avec la même proportion de plomb, des alliages beaucoup plus durs que ceux du commerce et de Stolberg; cela provient de la difficulté qu'a le plomb de s'allier au cuivre, et met dans la nécessité, pour rendre l'alliage parfait, de le refondre plusieurs fois.

(1) On a observé depuis long-temps, dans les fabriques de laiton, que toutes les matières qui contiennent du plomb durcissent cet alliage.

COMPARAISON

Des formes cristallines de la STRONTIANE CARBONATÉE *avec celles de l'*ARRAGONITE;

PAR M. HAÜY.

La découverte qui a été faite, depuis quelques années, par M. Stromeyer, de la strontiane dans l'arragonite, a été d'abord regardée par divers savans comme un moyen de conciliation entre la chimie et la cristallographie, dont l'une indiquait jusqu'alors la réunion de ce minéral dans une même espèce avec la chaux carbonatée, tandis que, d'après les résultats de l'autre, les deux substances devaient être séparées, comme ayant des formes primitives incompatibles dans un même système de cristallisation. Une autre découverte qui offrit la strontiane carbonatée sous une forme cristalline jusqu'alors inconnue, parut être favorable aux inductions que M. Stromeyer avait tirées de ses résultats, pour expliquer la diversité qui existait entre les cristaux d'arragonite et ceux de chaux carbonatée. Mais la suite n'a pas répondu à des commencemens qui semblaient marquer un terme à toutes les discussions dont l'arragonite avait été le sujet; et quoique l'on ait acquis une connaissance plus exacte de la composition de ce minéral, elle n'a rien de décisif, et laisse subsister la difficulté toute entière.

J'ai examiné l'année dernière plusieurs cristaux de strontiane carbonatée semblables à ceux

dont j'ai parlé, et trouvés comme eux dans les environs de Salzbourg. Ils faisaient partie d'un envoi très-intéressant, dont j'ai été redevable aux bontés de M. Schultes, qui joint un goût éclairé pour la minéralogie aux connaissances très-étendues qu'il a puisées dans l'étude de la botanique, et qu'atteste la manière distinguée dont il professe cette science à Landshut. Les observations que j'ai faites sur ces cristaux m'ont conduit à la détermination de la forme primitive et de celle de la molécule intégrante de la strontiane carbonatée, qui jusqu'alors m'étaient inconnues; et à l'aide de ces données, j'ai déterminé pareillement les lois de décroissemens d'où dépendent les formes des cristaux dont il s'agit. Le but principal que je me propose dans cet article, est de faire connaître les résultats de ce travail, et de prouver ensuite combien était illusoire l'analogie que l'on a cru apercevoir entre ces formes et celles des arragonites que l'on trouve dans le même pays. Mais, pour donner à cette partie de l'histoire de l'arragonite le développement convenable, je dois auparavant reprendre les choses de plus haut.

Ce fut en 1813 que M. Stromeyer annonça qu'il avait découvert dans l'arragonite une certaine quantité de carbonate de strontiane, qui était d'environ $4\frac{1}{2}$ sur 100 dans les cristaux de France et de $2\frac{1}{2}$ dans ceux d'Espagne. Il avait de plus essayé inutilement de retrouver le même principe dans la chaux carbonatée. A cette époque on s'accordait assez généralement à regarder ces deux minéraux comme appartenant à des espèces distinctes, malgré l'identité de composition que les analyses faites jusqu'alors avaient

paru indiquer entre l'un et l'autre. Aux différences qu'avaient présentées leur pesanteur spécifique et leur dureté, s'était jointe celle que M. Malus avait reconnue dans leur réfraction; et cet accord entre les propriétés qui tiennent de plus près à la nature des minéraux avait fait changer l'état de la question. On ne demandait plus comment la cristallographie se trouvait ici en opposition avec l'analyse chimique, mais comment il pouvait se faire que les résultats de l'analyse ne fussent pas conformes à ceux de la cristallographie. Aussi, quoique les expériences de M. Stromeyer indiquassent des proportions très-différentes de carbonate de strontiane dans les arragonites de divers pays, les résultats de ces expériences ne laissèrent pas d'être regardés, par une partie des savans, comme une preuve que la chimie était maintenant d'accord avec la cristallographie sur la distinction des deux substances; et le reproche qu'on avait fait à la première, de leur assigner une même composition, avait paru s'évanouir, par cela seul que l'arragonite renfermait un principe qui ne se trouvait pas dans la chaux carbonatée. M. Stromeyer avait même conçu une idée qui paraissait se concilier avec les variations observées dans la proportion de strontiane carbonatée, en présumant que cette substance jouissait d'une force de cristallisation tellement supérieure à celle de la chaux carbonatée, qu'elle lui imprimait, quoiqu'en petite quantité, le caractère de sa propre forme (1). Ce fut quelque temps après que l'on découvrit aux environs de Salzbourg des cristaux de strontiane carbonatée en prismes

(1) *Journal de Physique*, tome LXXIX, page 414.

hexaèdres réguliers, dont la plupart avaient autour de leur base un rang de facettes disposées en anneau. Déjà depuis plusieurs années on avait trouvé dans le même terrain des cristaux prismatiques d'arragonite, dont les pans faisaient entre eux des angles de 116°, c'est-à-dire moindres seulement de 4° que ceux de 120° qui leur correspondent sur le prisme hexaèdre régulier. Outre que la différence aurait eu besoin d'être constatée, à l'aide des mesures mécaniques, on devait être d'autant moins tenté de la soupçonner, que toutes les méthodes publiées depuis long-temps par les savans étrangers, à commencer par celle du baron de Born (1), indiquent des cristaux d'arragonite en prismes hexaèdres équiangles, c'est-à-dire réguliers; et M. Jameson, célèbre minéralogiste écossais, en cite de semblables dans la nouvelle édition de son *Traité de Minéralogie* (2); en sorte qu'ici l'opinion généralement reçue pouvait encore aider à l'illusion. D'une autre part, les cristaux d'arragonite dont il s'agit, ainsi que ceux de strontiane carbonatée, sont d'une couleur blanchâtre; parmi les uns et les autres, on en rencontre qui ont à-peu-près les mêmes dimensions. C'est d'après toutes ces analogies que MM. Gehlen et Fusch, ainsi que je l'ai appris par une lettre venue de Gottingue, jugèrent que les formes de strontiane carbonatée *étaient entièrement semblables à celles des cristaux d'arragonite* (3).

Ce rapprochement semblait confirmer pleinement la conjecture émise par M. Stromeyer

---

(1) *Catal.*, tome I, page 320 et suiv.
(2) Tome II, page 200, n°. 1.
(3) Ce sont les propres termes de la lettre.

relativement à l'influence de la strontiane carbonatée sur la forme de l'arragonite, et ce fut aussi le jugement qu'en porta ce célèbre chimiste.

Dans la réalité, la ressemblance entre la forme de la strontiane carbonatée et celle de l'arragonite, en supposant que cette dernière fût celle du prisme hexaèdre régulier (1), ne prouverait rien, puisque cette forme se retrouve avec des structures différentes dans la chaux carbonatée, et dans plusieurs autres espèces de minéraux. Mais ces sortes de considérations théoriques sont exclues par les méthodes fondées sur les caractères extérieurs, qui prescrivent à l'observateur de s'en tenir à ce qu'il voit, et de ne point aller au-delà. La comparaison que je vais faire des cristaux des deux espèces offrira un nouvel exemple des méprises dans lesquelles on peut se laisser entraîner en se conformant à cette règle.

La structure des cristaux de strontiane carbonatée est semblable à celle des cristaux de quarz et de quelques autres substances minérales, dont les joints naturels sont parallèles les uns aux faces d'un dodécaèdre composé de deux pyramides droites réunies base à base, et les autres parallèles à des plans qui sous-divisent le dodécaèdre en six tétraèdres égaux et semblables. Ces tétraèdres représentent les molécules intégrantes, et en appliquant ici le raisonnement que j'ai fait à l'égard du quarz dans mon *Traité de Minéralogie* (2), on en conclura que la molécule soustractive est un rhomboïde composé d'un dodécaèdre et de six vacuoles de figure

(1) Je ferai voir, dans la suite de cet article, que la forme primitive de l'arragonite ne peut passer à celle de ce prisme, en vertu d'aucune loi admissible de décroissement.

(2) Tom. I, pag. 485 et suiv., et tom. II, pag. 407 et suiv.

tétraèdre. Pour expliquer les résultats des lois de la structure, ce qu'il y a de plus simple et de plus naturel est de les faire dépendre du même rhomboïde considéré comme forme primitive. D'après cette manière de voir, trois des faces du dodécaèdre, prises alternativement dans chaque pyramide, répondent à celles qui sont situées vers un même sommet du rhomboïde primitif, et les trois autres sont censées être le résultat d'un décroissement par deux rangées en hauteur sur les angles inférieurs du même rhomboïde, lequel, en le supposant parvenu à sa limite, produirait un rhomboïde secondaire de la même forme (1).

Dans ce rhomboïde que représente la *fig.* 1re., *pl.* Ire., l'incidence des deux faces P, P′, situées vers un même sommet, est de 99°35′, et celle de P, ou de P′ sur P″, est de 80°25′ (2).

J'ai observé trois variétés de strontiane carbonatée, qui ont des formes déterminables, et que je vais décrire successivement.

1°. Prismatique. $\overset{2}{e}\ \underset{1}{A}$ (fig. 2).
$\quad n\ \ o$

2°. Annulaire. $\overset{\frac{1}{2}}{e}\ P\ \overset{\frac{1}{2}}{e}\ \underset{1}{A}$ (fig. 3). Si les facettes
$\quad n\ P\ h\ o$

P, *h* se prolongeaient vers le haut jusqu'à se rencontrer, cette variété offrirait l'analogue du quarz prismé.

(1) Voyez mon *Traité de Minéralogie*, t. Ier., page 355, n°. 72.

(2) Le rapport des deux diagonales du rhombe est celui de 2 à $\sqrt{3}$. La petitesse des cristaux qui ont servi à mes observations ne me permet pas de donner ce rapport comme rigoureux; mais il est au moins très-approché.

3°. Bisannulaire. $\underset{n}{\overset{2}{e}}\;\underset{k}{\overset{3}{e}}\;\underset{l}{\overset{\frac{7}{5}}{e}}\;\underset{P}{P}\;\underset{h}{\overset{\frac{1}{2}}{e}}\;\underset{o}{\underset{1}{A}}$ (fig. 4). Dans l'hypothèse du même prolongement, cette variété pourrait être assimilée au quarz pentahexaèdre. Les facettes *k*, *l* réalisent une propriété que j'ai démontrée (*Traité de Minéralogie*, tome II, page 356, n°. 73), et qui consiste en ce qu'à chaque décroissement qui agit directement sur les angles inférieurs d'un rhomboïde, répond un autre décroissement, qui, en agissant par renversement sur les mêmes angles, produit des faces qui ont la même inclinaison en sens contraire, que celles qui dérivent du premier décroissement.

Je joins ici le tableau des angles qui mesurent les inclinaisons respectives des faces des variétés précédentes.

Incidence de

P sur P′,	99° 35′;	*h* sur *n*,	138° 11′;
P sur P″,	80° 25′;	*k* sur *o*,	102° 36′;
P sur *h*,	136° 14′;	*k* sur *n*,	167° 24′;
P sur *k*,	150° 47′;	*k* sur *l*,	121° 36′;
P sur *n*,	138° 11′;	*l* sur *o*,	102° 36′;
P sur *o*,	131° 49′;	*n* sur *n*,	120°;
h sur *l*,	150° 47′;	*n* sur *o*,	90°.
h sur *o*,	131° 49′;		

Avant de passer aux cristaux d'arragonite et de faire voir combien leur forme est peu susceptible d'être assimilée à celle des cristaux de strontiane carbonatée, je vais donner à ceux-ci un autre terme de comparaison qui me paraît bien plus digne d'attention. On peut se rappeler que la baryte sulfatée et la strontiane sulfatée ont l'une et l'autre pour forme primitive un prisme droit rhomboïdal, en sorte que la principale différence entre les deux formes consiste

en ce que le grand angle du prisme de la strontiane sulfatée est plus fort d'environ 3° ½ que celui du prisme de la baryte sulfatée.

A l'époque où j'ai publié mon *Traité*, je n'avais qu'une connaissance imparfaite des formes de la baryte carbonatée, et je m'étais borné à l'analogie qu'offrait la disposition de leurs faces latérales qui me paraissaient être parallèles aux pans d'un prisme hexaèdre régulier. J'avais ajouté, dans l'article relatif à la strontiane carbonatée (1), que jusques alors les observations nous manquaient pour déterminer les dimensions des deux molécules et en saisir les différences, et je terminais par cette phrase, que l'on me permettra de répéter ici : « Il serait curieux de savoir jusqu'à quel degré la comparaison se soutient, sous ce point de vue, entre les combinaisons de la baryte et de la strontiane avec les acides sulfurique et carbonique. »

Le désir que j'avais témoigné est maintenant satisfait. L'observation et la théorie nous apprennent que la baryte carbonatée et la strontiane carbonatée ont l'une et l'autre pour forme primitive un rhomboïde qui dérive d'un dodécaèdre bipyramidal. Dans celui qui appartient à la première, l'incidence de deux faces prises vers un même sommet est de 91°54′ (2), et dans l'autre elle est de 99°35′, ce qui fait environ 7° ⅔ de différence. Ainsi la baryte et la strontiane, en échangeant l'acide sulfurique contre l'acide carbonique, n'ont passé à un autre système de cristallisation, que pour se présenter de nouveau

(1) Tome II, page 330.

(2) *Tableau comparatif*, page 13. Je ne puis pas non plus garantir que cette mesure soit rigoureuse. Mais la correction dont elle serait susceptible doit être légère.

sous des traits de ressemblance capables d'en imposer encore à ceux qui ne mettraient pas dans l'étude de leurs formes cette précision qui seule peut faire apercevoir le petit intervalle qui les sépare.

La forme primitive de l'arragonite, indiquée par le résultat de la division mécanique, est un octaèdre rectangulaire, dont telle doit être la position, que des deux arêtes C, G (fig. 5), au contour de la base commune des deux pyramides qui ont leurs sommets en E, E′, la plus longue G soit située verticalement, et la plus courte C située horizontalement. Les faces latérales M, M font entre elles un angle de 115°56′, et les faces terminales un angle de 109°28′. L'octaèdre se sous-divise avec beaucoup de netteté, parallèlement au plan qui passe par C, G. On obtient encore assez facilement les joints parallèles aux faces M, M. Ceux qui répondent aux faces P, P sont ordinairement beaucoup moins nets; mais j'ai dans ma collection des morceaux dont l'observation ne laisse aucun doute sur leur existence. Je n'ai vu jusqu'ici aucun cristal isolé de cette forme. Mais il existe en Espagne des groupes composés de quatre cristaux qui la présentent, et qui ne sont que peu engagés les uns dans les autres, en sorte qu'il est facile de les isoler par la pensée.

J'ai dans ma collection des groupes très-parfaits de cette même variété, et beaucoup d'autres qui appartiennent à des variétés différentes. C'est une suite qui a un double prix à mes yeux, comme étant un présent de M. le chevalier de Parga, qui réunit aux qualités par lesquelles il se distingue dans le rang qu'il occupe, les connaissances d'un amateur très-instruit en minéra-

logie, et un zèle actif pour tout ce qui tend vers le progrès des sciences.

En général, il est extrêmement rare de rencontrer l'arragonite sous des formes simples, et qui soient le résultat d'une combinaison unique de lois de décroissement. La plupart des corps cristallisés qui appartiennent à ce minéral sont des agrégats composés de pièces tellement assorties que le tout offre, au premier coup d'œil, l'aspect d'un prisme produit d'un seul jet. Quelquefois cependant les pans de ce prisme forment, à certains endroits, des angles rentrans, ce qui est, comme l'on sait, l'indice d'un groupement.

Les cristaux de Salzbourg, auxquels on a assimilé ceux de strontiane carbonatée du même pays, sont dans ce dernier cas. Leur élément est un prisme rhomboïdal de 116° et 64° représenté (fig. 6), dont le signe est $\overset{\text{M}^1}{\text{M}}\ \overset{\text{C}^1}{s}$ (fig. 5). L'agrégat, dont on voit fig. 7 la coupe transversale, est composé de six prismes indiqués par les rhombes R, R′, R″, *r*, *r′*, *r″*. Ces prismes laissent entre eux des interstices triangulaires, à l'exception de celui qui occupe le centre, et qui a la figure d'un trapézoïde. La cristallisation a rempli ces interstices par des additions ou des prolongemens de la même matière, dont la structure, ainsi que nous le verrons, est en rapport avec celle des solides élémentaires. Les lignes λ, λ′, *h*, *h′*, ζ, ζ′, qui traversent ces prolongemens, indiquent les positions d'autant de plans, que j'appelle *plans de jonction*, et sur lesquels je reviendrai dans un instant.

La somme des six angles de 116° formés par les côtés extérieurs des rhombes R, R′, *r′*, etc.,

aux points *n*, *g*, *d*, etc., étant plus petite de 24° que la somme 720 des six angles au contour d'un hexagone, les côtés E*n*, *on* du rhombe R font avec les côtés E*g*, *op* des rhombes R′, R″ deux angles rentrans de 168°; comme cela doit être, ainsi qu'il est facile de le concevoir.

L'idée que fait naître l'aspect de l'agrégat dont il s'agit ici, et de plusieurs autres du même genre que présentent les formes de l'arragonite, est que ses élémens rhomboïdaux, tels que R, R′, auraient pris de l'accroissement dans les espaces qui les séparent, jusqu'au terme où leurs prolongemens venant à se rencontrer, auraient été en quelque sorte barrés à l'endroit d'un plan λ, qui serait devenu leur plan de jonction. Ce qu'il y a de plus naturel relativement à la situation de ce plan, est de supposer qu'il divise en deux parties égales l'angle *yhx*, formé par les pans δ, δ′ des deux prismes R, R′ (1). Or, j'ai déjà fait connaître dans plusieurs mémoires un résultat général qui a lieu par rapport à tous les plans de jonction du genre de celui dont il s'agit ici. Il consiste en ce que chacun de ces plans coïncide avec une face qui serait produite en vertu d'un décroissement sur un angle ou sur un bord des cristaux qui se sont prolongés dans l'espace traversé par ce plan. J'en citerai bientôt des exemples tirés de la forme qui nous occupe.

On pourrait aussi supposer que le prisme R étant resté simple, le solide dont la coupe est le triangle *xhy*, provînt uniquement d'une ex-

(1) Dans certains agrégats les positions des plans de jonction peuvent être saisies à l'aide de la division mécanique, ou sont indiquées par des observations particulières. Mais cela n'a lieu que rarement, et la détermination de ces plans présente souvent des difficultés qui ne permettent que de la présumer par analogie.

tension du prisme R′, et alors le plan de jonction se confondrait avec le pan δ' du prisme R. La même corrélation a lieu réciproquement entre le solide dont il s'agit considéré comme un prolongement du prisme R et l'autre prisme R′. Dans chacun des deux cas, le plan de jonction s'assimile encore à une face produite par un décroissement relatif à celui des deux prismes auquel appartient le prolongement. Mais la première hypothèse, quoiqu'elle conduise à des lois moins simples de décroissement (1), est la plus naturelle, parce qu'elle assimile le cas présent à celui des cristaux qui paraissent se pénétrer. Cependant je citerai aussi un exemple de la seconde.

Une considération à laquelle il est essentiel d'avoir égard dans les solutions des problèmes de ce genre, c'est que les lois de décroissement auxquelles se rapportent les plans de jonction, se déduisent immédiatement d'une formule générale, qui donne le nombre de rangées soustraites en fonctions des carrés des diagonales de la coupe transversale du solide élémentaire. En cherchant ces lois par une méthode de tâtonnement, on s'expose à n'avoir que des résultats approximatifs, qui ne satisferaient pas à la condition que l'espace compris entre les solides élémentaires fût exactement rempli par la matière du prolongement.

(1) En général, les lois dont il s'agit s'écartent souvent de la simplicité de celles qui déterminent les formes des cristaux isolés, ce qui n'a lieu cependant que jusqu'à un certain terme assez peu reculé. Mais on ne devait pas même s'attendre à retrouver, au milieu de la complication qui naît de ces assemblages de prismes, qui semblent s'être rencontrés fortuitement, les analogues des lois auxquelles est soumis l'arrangement régulier des molécules qui se sont réunies autour d'un centre commun, pour produire un corps unique.

Je vais donner une idée de la manière dont je représente les décroissemens relatifs aux positions des plans de jonctions, en prenant pour exemple le plan indiqué par λ, et en le faisant dépendre du prisme R'. Pour concevoir l'effet du décroissement qui le donne, il faut supposer que l'octaèdre primitif (fig. 5) ait tourné de gauche à droite autour de l'axe qui passe par le point C, parallèlement à l'arête G, jusqu'à ce que les côtés de sa coupe transversale, ou de celle qui passe par les angles E, E', perpendiculairement aux faces M, M', soient devenus parallèles à ceux du rhombe R' (fig. 7). Nous pouvons alors substituer par la pensée ce rhombe à la coupe transversale de l'octaèdre. Or l'effet du décroissement dont il s'agit pouvant être rapporté à un plan qui se confond avec ce même rhombe, il est évident que l'on doit le considérer comme ayant lieu sur l'angle E (fig. 5 et 7). Soit E*yfg* (fig. 8) le même rhombe que fig. 7, et soient *hily*, *mnol*, *spro* (fig. 8) les coupes des trois premières lames de superposition. La formule fait connaître que le décroissement est mixte, et se fait par quinze rangées en largeur dans le sens des lignes E*h*, *im*, *ns*, et par huit rangées en hauteur dans le sens des lignes *hi*, *mn*, *sp*; d'où il suit que son signe est $^{\frac{15}{8}}E$ (1).

Si l'on considérait le solide dont la coupe est le triangle *yhe* (fig. 7), comme étant produit uniquement par une extension du prisme R', auquel cas le plan de jonction coïnciderait avec

(1) La formule relative à ce cas est $n=\frac{3g^2-p^2}{g^2+p^2}$. Faisant $g=\sqrt{23}$, $p=\sqrt{9}$, on a $n=\frac{60}{32}=\frac{15}{8}$.

le pan δ' du prisme R, ainsi qu'il a été dit plus haut, le signe serait ${}^{\frac{7}{8}}E$ (1).

Dans la description de l'agrégat entier, telle que je la donnerai bientôt, l'indication de la loi de décroissement à laquelle est soumis chaque plan de jonction renfermera trois quantités ; l'une désignera le prisme dont la partie, que termine ce plan, est censée être un prolongement : la seconde indiquera l'angle ou l'arête qui subit le décroissement, et le nombre de rangées soustraites ; la troisième se rapportera au plan de jonction, et sera placée sous la seconde. Par exemple, le signe complet de décroissement dont j'ai parlé en premier lieu sera $R'\,\underset{\lambda}{{}^{\frac{15}{8}}E}$; celui du second décroissement sera $R'\,\underset{\delta'}{{}^{\frac{7}{8}}E}$.

Conformément à ces règles, le signe représentatif de tout l'agrégat sera exprimé ainsi qu'il suit :

1°. Pour λ ; $R'\,\underset{\lambda}{{}^{\frac{15}{8}}E}$, $R\,\underset{\lambda}{E^{\frac{15}{8}}}$. 2°. Pour δ' et δ ; $R'\,\underset{\delta'}{{}^{\frac{7}{8}}E}$, $R\,\underset{\delta}{E^{\frac{7}{8}}}$. 3°. Pour ζ ; $R'\,\underset{\zeta}{{}^{\frac{16}{7}}E'}$, $r'\,\underset{\zeta}{{}^{\frac{16}{7}}E'}$. 4°. Pour ζ' ; $R''\,\underset{\zeta'}{E''^{\frac{16}{7}}}$, $r''\,\underset{\zeta'}{E''^{\frac{16}{7}}}$. 5°. Pour h et h' ; $R\,\underset{h}{E^{1}}$, $r\,\underset{h'}{E''^{1}}$. 6°. Pour μ'' ; $R'\,\underset{\mu''}{{}^{\frac{8}{7}}E'}$ (2).

---

(1) Dans ce cas, la formule est $n = 2\,\frac{(g^2-p^2)}{g^2+p^2}$, ce qui donne en substituant à g et à p leurs valeurs numériques, $n = 2.\frac{14}{32} = \frac{7}{8}$.

(2) On s'est dispensé de donner les signes relatifs à des plans de jonction qui offrent, du côté opposé, la répétition de ceux qu'indique le tableau.

Il résulte de tout ce qui précède, qu'il suffisait d'examiner attentivement les contours des deux prismes et les positions respectives de leurs pans, pour y reconnaître des différences capables d'écarter toute idée de rapprochement entre eux. Mais il y a mieux, et ces différences font place à l'un des contrastes les plus frappans dont la cristallographie ait offert des exemples, lorsque l'on compare l'ordre uniforme qui règne dans la structure du prisme de strontiane carbonatée, avec l'espèce de dédale que la théorie nous a fait apercevoir dans celle du prisme d'arragonite, et dont elle pouvait seule nous aider à sortir.

Je vais insister un instant sur ce sujet, parce que la manière dont la plupart des savans étrangers ont considéré la cristallographie de l'arragonite tendrait à faire soupçonner une certaine analogie entre les formes de ce minéral et celles de la chaux carbonatée. Ils ont supposé d'abord que tous les agrégats produits par la réunion de plusieurs prismes d'arragonite, étaient autant de cristaux simples, analogues à ceux dans lesquels il y a unité de structure. De plus, ils ont cité, ainsi que je l'ai déjà remarqué, des cristaux d'arragonite en prismes hexaèdres réguliers, et l'idée de cette forme leur a été suggérée sur-tout par l'aspect de la variété que j'ai nommée *arragonite symétrique* (1), et qui est commune en Espagne, quoiqu'un coup d'œil un peu attentif eût dû suffire pour leur faire apercevoir l'inégalité des angles latéraux de son prisme, dont quatre sont de 116° et les deux autres de 128°, c'est-à-dire plus fort de douze degrés.

(1) *Tableau comparatif*, pag. 6, var. 2.

On sait que rien n'est si ordinaire que de rencontrer la chaux carbonatée sous cette même forme d'un prisme hexaèdre régulier; et ainsi, les traits de ressemblance qu'indiquaient les descriptions entre certaines variétés des deux substances pouvaient paraître favoriser jusqu'à un certain point l'idée de leur rapprochement dans une même espèce. La vérité est que l'existence de la forme dont il s'agit n'est pas même admissible, dans le système de cristallisation de l'arragonite. Parmi les différentes hypothèses à l'aide desquelles on pourrait essayer de l'y ramener, et qui tendent toutes à l'en exclure, j'ai choisi la suivante, comme étant une des plus simples et de celles qui se présentent le plus naturellement.

Soient *abcd*, *ihck*, *fncg* (fig. 9) les coupes transversales de trois prismes d'arragonite de 116°, réunis autour d'un point commun, de manière à laisser entre eux des intervalles égaux, mesurés par les angles *bck*, *dcn*, *hcg* dont chacun sera de 4°. Supposons que ces intervalles soient remplis à l'aide de trois décroissemens sur l'arête commune qui passe par le point *c*, et qui répond à G (fig. 5). Concevons de plus que ces décroissemens fassent naître entre les prismes des plans de jonction dirigés suivant les lignes *cl*, *ce*, *co*, qui divisent en deux parties égales les angles *bck*, *dcn*, *hcg*.

Il est évident que les nouveaux angles *lce*, *lco*, *eco*, formés par les plans de jonction, seront chacun de 120°. Supposons enfin que d'autres décroissemens, en agissant suivant la même loi que les précédens sur les arêtes qui passent par les points *a*, *i*, *f*, produisent des faces exté-

rieures indiquées par les lignes *al*, *ae*, *fe*, etc. Les angles *lae*, *ofe*, *lio*, formés par ces lignes, seront aussi de 120°; en sorte que l'assemblage des trois prismes se trouvera converti en un solide semblable à un prisme hexaèdre régulier.

La possibilité de ce résultat dépend d'un certain rapport entre les diagonales de la coupe transversale, qui n'a pas lieu pour les quantités $\sqrt{23}$ et $\sqrt{9}$ que j'ai adoptées (1). On peut seulement, en les employant, approcher de plus en plus de l'angle de 120°, à mesure qu'on fera varier la loi de décroissement. Par exemple, si l'on suppose 29 rangées soustraites en largeur, on trouve que chacun des angles *lce*, *lco*, *eco* ou *lae*, *ofe*, *lio* est de 119° 26′ 38″, valeur qui diffère de 33′ 22″ de celle de 120° (2). En faisant d'autres suppositions, relativement au nombre de rangées soustraites, on aura des valeurs encore plus approchées, sans jamais pouvoir

(1) La valeur du nombre des rangées soustraites qui satisfait à la condition du problème, est donnée par la formule générale $n = \frac{g + p\sqrt{3}}{p\sqrt{3} - g}$.

(2) La mesure de cet angle se déduit d'une formule générale qui donne pour le rapport entre le sinus et le cosinus de la moitié de chacun des angles dont il s'agit; par exemple, de *laz*; $lz : az :: (n+1)\,g : (n-1)\,p$. Faisant $g = \sqrt{23}$, $p = \sqrt{9}$, $n = 29$, on trouve $lz : az :: 30\sqrt{3} : 28.3 :: \sqrt{575} : 14$, d'où l'on conclut $lae = 119^\circ\, 26'\, 38''$.

Pour que cette valeur soit un nombre rationnel, il faut que g étant aussi un nombre rationnel, p soit égal à $\sqrt{3}$ ou au produit de $\sqrt{3}$ par un nombre qui soit lui-même rationnel. Le problème pourra encore être résolu dans le cas inverse, p étant un nombre rationnel, et g étant égal à $\sqrt{3}$ ou à son produit par un nombre rationnel.

obtenir exactement l'angle de 120°. Un des rapports entre les diagonales snsceptibles de conduire à cet angle serait celui de 8 à $\sqrt{27}$. La formule, dans ce cas, donne 17 pour le nombre de rangées soustraites (1). Mais si l'on cherche la valeur de l'angle que feraient alors entre elles les deux faces M, M (fig. 5), on trouve que cet angle serait de 114° au lieu de 116°, c'est-à-dire trop faible de deux degrés; et dans la variété symétrique on aurait pour les deux plus grands angles du prisme, 132° au lieu de 128° que donne l'observation. Les autres hypothèses que j'ai essayées concourent également à prouver que cette analogie d'aspect que les formes des deux substances ont paru avoir l'une avec l'autre, non-seulement est démentie par les faits observés, mais n'est pas dans l'ordre des possibles. Elles n'ont entre elles absolument aucuns traits de ressemblance, pas même de ceux qui ne prouveraient rien, en supposant qu'ils existassent.

Il me reste à parler des résultats des recherches récentes qui ont été faites sur la composition de l'arragonite, et des changemens qu'ils ont dû apporter dans l'opinion que l'on avait conçue de ce minéral d'après la découverte annoncée par M. Stromeyer.

MM. Bucholz et Meissner ont publié l'année dernière un mémoire dans lequel ils exposent les résultats des analyses qu'ils ont faites des arragonites de cinq pays différens, savoir ceux de

(1) Le rapport entre *lz* et *az* ou entre $(n+1)$. g et $(n-1)$ p devient alors celui de 18.8 à $16\sqrt{27}$, ou de $\sqrt{3}$: 1, ainsi que cela doit être.

Neumarkt, de Saalfeld, de Minden, de Bastènes et de Limburg, dans lesquels ils n'ont pas trouvé de carbonate de strontiane. De plus, leurs opétions répétées sur des variétés analysées par M. Stromeyer, ont donné des quantités sensiblement plus petites du même carbonate que celles qu'avait annoncées ce savant. Par exemple, de deux variétés d'arragonite de Vertaison en France, l'une n'a offert que $1\frac{1}{3}$ sur 100 parties, et l'autre seulement $2\frac{1}{3}$, au lieu de $4\frac{1}{2}$, ce qui était la quantité indiquée par M. Stromeyer.

Parmi les cinq variétés dans lesquelles MM. Bucholz et Meïssner avaient cherché inutilement la strontiane, l'une, dont il existe des morceaux dans ma collection, est celle de Bastènes. Je suis redevable de ces morceaux à M. Prevost, minéralogiste d'un mérite distingué, qui les a rapportés de l'endroit même il y a quelques années. J'ai détaché de l'un d'eux, qui est un groupe composé de plusieurs agrégats de prismes d'arragonite, un gros fragment que j'ai remis à mon célèbre confrère M. Laugier, en le priant de le soumettre à l'analyse; et il a obtenu des octaèdres très-prononcés de nitrate de strontiane. Mais la quantité qu'ils renfermaient de cette terre, évaluée par approximation, n'était que de $\frac{1}{1000}$ de la masse.

Il a répété depuis son opération sur des cristaux aciculaires d'arragonite de Baudissero en Piémont, retirés aussi d'un des échantillons de ma collection, et sur un morceau de la même substance, en masse presque compacte, trouvé dans le pays de Gex. Mais ni l'une ni l'autre de ces variétés ne lui ont offert la plus légère trace de strontiane.

Ces résultats achèvent de prouver que la strontiane ne peut être regardée comme essentielle à la composition de l'arragonite. Car en supposant que les deux variétés dont je viens de parler en continssent, il faudrait que la quantité en fût presque nulle, pour avoir échappé à des moyens d'analyse d'une aussi grande précision que ceux qu'emploie M. Laugier, ce qui ne ferait que donner une extension pour ainsi dire illimitée aux variations déjà si sensibles qui ont été observées dans les quantités de la même terre que l'on a retirées des autres arragonites. Et l'on aura une nouvelle raison pour l'exclure des principes essentiels, si l'on considère que le rapport entre la chaux et l'acide carbonique s'est trouvé à très-peu-près le même dans tous les résultats d'analyse.

D'une autre part, on demandera peut-être comment, dans la même hypothèse, la strontiane pourrait n'être qu'accidentelle à l'arragonite, si elle en était inséparable; et en se bornant même aux cristaux qui en ont donné, il pourra paraître encore singulier qu'elle se soit rencontrée dans ceux qui ont été apportés de divers lieux éloignés les uns des autres, et distingués surtout par la nature du terrain environnant, qui est primitif en Sibérie, volcanique en France et argileux en Espagne.

Au reste, ces considérations n'intéressent pas la cristallographie, qui ne peut plus rien ajouter à tout ce qu'elle a dit sur l'arragonite. Le côté de la question qui n'est pas encore suffisamment éclairci est tourné vers la chimie, et c'est d'elle que nous devons attendre le trait de lumière qui annoncera l'instant où nos connaissances à l'égard de l'arragonite ne laisseront plus rien à désirer.

RECHERCHE

DE LA

STRONTIANE DANS L'ARRAGONITE.

(EXTRAIT DES MÉMOIRES SUIVANS.)

Nous avons pensé qu'il serait utile pour nos lecteurs de trouver à la suite du *Mémoire cristallographique* de M. Haüy, sur l'*arragonite*, un extrait de tout ce qui a été publié depuis trois ans relativement à ce minéral.

De la différence chimique entre l'arragonite et le spath calcaire rhomboïdal; par M. STROMEYER, *professeur de chimie. Lu à la Société royale de Gottingue le* 31 *juillet* 1813. (Annales de chimie, t. XCII, p. 254.)

Sur la présence de la strontiane dans l'arragonite. Lu à l'Assemblée des professeurs d'Histoire naturelle, par M. LAUGIER, *le* 19 *novembre* 1814. (Journal des Mines, t. XXXVI, p. 313.)

Expériences pour déterminer les rapports de l'acide carbonique dans les carbonates de chaux, de baryte, de strontiane, dans l'arragonite, etc.; suivies de l'analyse de l'arragonite d'Auvergne; par M. VAUQUELIN. (Annales de Chimie, t. XCII, p. 311.)

Expériences pour déterminer la quantité de strontiane contenue dans plusieurs espèces

d'arragonite ; par MM. Bucholz *et* Meisner. (Journal de Sweiger, v. XIII.)

Note de M. Laugier, *relative aux arragonites de Bastènes, de Baudissero et du pays de Gex ; lue à la Société philomathique, le* 12 *avril* 1817.

MM. Klaproth, Vauquelin et Fourcroy, Chenevix, Bucholz, Trommsdorf, Thénard et Biot, ont analysé l'arragonite avec un très-grand soin, dans le but de découvrir en quoi ce minéral diffère du spath calcaire rhomboïdal. Ils les ont trouvés composés l'un et l'autre de chaux et d'acide carbonique, sans mélange d'aucune autre substance, et ils ont été conduits à conclure que la différence qui existe entre leurs propriétés ne pouvait dépendre que du mode d'agrégation.

Analyse de plusieurs variétés d'arragonite par M. Stromeyer.

Cependant Kirwan avait avancé dans la seconde édition de ses *Elémens de Minéralogie* (t. I[er]. p. 88), mais sans motiver son assertion, qu'il était probable que l'arragonite contenait de la strontiane. Cette conjecture parut à M. Stromeyer fortement appuyée par la découverte qu'il fit de la chaux dans le carbonate de strontiane de Saxe et d'Angleterre (1); et il résolut,

(1) Il a trouvé dans le carbonate de strontiane de Brausdorf, près de Freyberg en Saxe :

Strontiane.........	0,6864	*ou*	Carb. de strontiane.	0,9730
Chaux...........	0,0131		Carbonate de chaux.	0,0230
Manganèse oxidulé.	0,0009		Carb. de manganèse.	0,0017
Acide carbonique..	0,2973			
Eau..............	0,0023		Eau...............	0,0023
	1,0000			1,0000

pour la vérifier, d'entreprendre de nouveau l'analyse des arragonites, et effectivement il trouva de la strontiane dans toutes celles qu'il examina.

Afin d'obtenir des résultats très-exacts, M. Stromeyer a cherché séparément, et par des expériences *ad hoc*, l'eau, l'acide carbonique et les matières fixes.

Pour déterminer la quantité d'eau, il a mis des fragmens du minéral dans un tube de baromètre bien desséché, dont l'un des bouts était scellé à la lampe et l'autre bout fermé avec du liége, et il a placé sur du charbon ardent la partie inférieure du tube. L'arragonite se fendilla, devint friable, opaque et laiteuse, et il s'en exhala des vapeurs qui se condensèrent en rosée sur les parois du tube. Le spath d'Islande bien pur n'éprouva ni altération ni perte dans de pareilles circonstances. Le spath du Hartz et de quelques autres pays décrépite quelquefois et perd 1 à 2 millièmes de son poids; mais il conserve toujours sa transparence, sa cohérence et sa forme; et, selon l'auteur, l'eau, quand il s'y en trouve, n'est qu'interposée, et non combinée comme dans l'arragonite.

L'acide carbonique a été dosé de trois manières :

1°. En calcinant dans un creuset de platine, à un feu violent, pendant une heure et au-delà, jusqu'à ce que le résidu ne fît plus aucune effervescence, et pesant le creuset à peine refroidi.

2°. En faisant dissoudre dans l'acide nitrique, et appréciant le déchet de poids.

3°. En faisant monter à travers le mercure des fragmens du minéral dans un tube de verre gra-

dué, contenant de l'acide muriatique, et mesurant le volume des gaz dégagés à la même température et à la même pression : ce tube avait 4 décimètres de longueur et 14 millimètres de diamètre ; il était scellé à la lampe à l'une de ses extrémités, et divisé en 400 parties égales. On y versait une quantité suffisante d'acide muriatique pour occuper un décimètre de sa longueur, on le remplissait de mercure et on le renversait dans la cuve pneumatique avec les précautions ordinaires.

Ces trois séries d'expériences ont donné des résultats concordans, et ont prouvé que toutes les arragonites contiennent moins d'acide carbonique que le spath d'Islande : celui-ci en renferme, d'après l'auteur, 0,437.

M. Stromeyer a examiné avec le plus grand soin la nature des bases que contiennent les arragonites ; il n'a pu y trouver que de la chaux, de la strontiane et une trace d'oxide de manganèse et d'oxide de fer : la chaux, la strontiane et le manganèse sont combinés à l'acide carbonique ; l'oxide de fer est à l'état d'hydrate ; il n'est qu'accidentel, sa quantité varie beaucoup; il est disséminé entre les lames sans uniformité, et souvent mêlé de sable et de cristaux aciculaires de sulfate de chaux.

Voici de quelle manière M. Stromeyer a procédé : il a dissous à froid dans l'acide nitrique pur le minéral réduit en fragmens de la grosseur d'un pois; il a fait évaporer la dissolution à une douce chaleur jusqu'à consistance de miel, et il l'a abandonnée à elle-même, pendant plusieurs jours, dans un lieu sec et exposé au soleil; il sépara les cristaux qui se formèrent,

rapprocha de nouveau la liqueur surnageante à une douce chaleur, remit à cristalliser, et ainsi successivement jusqu'à ce que la dissolution fût épuisée de nitrate de strontiane. Les cristaux ayant été desséchés, il versa dessus de l'alcool absolu pour enlever le nitrate de chaux adhérent; il les jeta sur un filtre et les lava encore à l'alcool; il fit évaporer à siccité la dissolution de nitrate de chaux, et traita le résidu par l'alcool, pour séparer le nitrate de strontiane qui pouvait y être resté.

Le nitrate de strontiane fut dissous dans l'eau chaude; la liqueur rapprochée et précipitée par le carbonate d'ammoniaque; il ne resta pas de strontiane en dissolution : il déduisit le poids de la strontiane de celui du carbonate desséché, en admettant que ce sel contient 0,705453 de base, et 0,294547 d'acide.

Il fit bouillir la dissolution alcoolique du nitrate de chaux, afin de chasser l'alcool, et il ajouta un peu d'acide nitrique pour suroxider le fer en cas qu'il s'en trouvât. Il réduisit le tout à siccité, et fit redissoudre dans l'eau. Il précipita le manganèse par l'ammoniaque, et la chaux par le carbonate d'ammoniaque, en faisant bouillir. Enfin il fit évaporer à siccité et calcina le résidu pour en séparer la petite quantité de chaux qui n'avait pas été précipitée.

Les sels de strontiane ressemblent beaucoup, par leurs propriétés chimiques, à ceux de chaux, et les sulfates qui ont ces terres pour base sont presque aussi solubles l'un que l'autre : il n'est donc pas étonnant que la strontiane ait été longtemps inaperçue dans les arragonites par les chimistes les plus habiles.

M. Stromeyer a répété trois ou quatre fois l'analyse de trois variétés d'arragonites, et il a trouvé pour résultats moyens ceux qui suivent :

	Arragonite du Béarn.		Arragonite d'Arragon.		Arragonite d'Auvergne.
Chaux	0,5339.	—	0,5362.	—	0,5501
Strontiane	0,0288.	—	0,0283.	—	0,0145
Acide carbonique	0,4286.	—	0,4245.	—	0,4329
Eau de cristallisation	0,0098.	—	0,0030.	—	0,0021
	(1)		(2)		(3)
	1,0011.		0,9910.		0,9996

ou

	Arragonite du Béarn.		Arragonite d'Arragon.		Arragonite d'Auvergne.
Carbonate de chaux	0,9482.	—	0,9525.	—	0,9772
Carbon. de strontiane	0,0408.	—	0,0400.	—	0,0206
Eau de cristallisation	0,0099.	—	0,0030.	—	0,0021
	0,9989.		0,9955.		0,9999

M. Stromeyer a trouvé encore de la strontiane en quantité notable dans les arragonites de Migranille, village du royaume de Valence; dans celle d'Iberg, montagne du Hartz; dans celle de Neumarkt; dans celle de Mordkling, en Souabe, et dans celle de Feroë qui fait partie de roches volcaniques. Il a recherché cette terre avec la plus scrupuleuse attention dans plusieurs variétés de spath calcaire, et il n'en a jamais aperçu une trace.

La proportion de strontiane n'est pas la même dans toutes les variétés d'arragonite; mais elle est constante dans chaque variété en particulier. M. Stromeyer conclut de ces résultats, que l'arragonite se distingue du spath calcaire par la

(1) De plus, manganèse oxidulé et fer hydraté... 0,0009.

(2) De plus, fer hydraté, sable et chaux sulfatée.. 0,0003

(3) De plus, fer hydraté.................... 0,0001

présence de la strontiane; et que c'est un trisule de chaux, de strontiane et d'acide carbonique, où plutôt une combinaison, en de certaines proportions fixes, de carbonate de chaux et de carbonate de strontiane, de même que la picrite et la dolomie sont des combinaisons de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie.

« Au premier coup d'œil on a peine à concevoir (dit l'auteur) qu'une si petite quantité » de strontiane paraisse produire une si grande » différence dans les caractères physiques de » deux minéraux. Il existe cependant beaucoup » d'autres cas où la plus petite quantité d'une » substance, combinée à une autre, change » prodigieusement les propriétés physiques et » chimiques de cette dernière. De nombreuses » observations sur les sels tant natifs qu'artificiels, rendent très-probable qu'il est des » substances douées d'une si grande force de » cristallisation que, combinées avec d'autres, » même en très-petite quantité, elles leur impriment leur forme et leur structure (1). Ainsi » le fer spathique rhomboïdal contient à peine » un centième de carbonate de chaux; dans les » picrites rhomboïdales du Saint-Gothard, il y » a 7 pour $\frac{0}{0}$ au plus de carbonate de chaux. » Serait-il bien étonnant après cela que la présence du carbonate de strontiane déterminât la » forme de l'arragonite (2)? »

(1) Voyez le mémoire de M. Hausman : *De Relatione inter corporum naturalium anorganicorum indoles chameas atque externas. Commentationes Societ. reg. Scientiæ.* Gotting, tome II, page 41 et suivantes.

(2) M. Haüy a prouvé dans son mémoire, page 91 et suiv., que cette supposition est inadmissible.

en employant une quantité d'eau insuffisante pour dissoudre cette dernière; mais il leur a paru préférable de séparer le nitrate de chaux du nitrate de strontiane au moyen de l'alcool, ainsi que l'avait fait M. Stromeyer; seulement, au lieu de faire cristalliser préalablement le nitrate de strontiane, ils ont reconnu qu'il valait mieux évaporer sur-le-champ à siccité toute la dissolution nitrique, réduire la masse saline en poudre très-fine, et l'agiter dans un flacon de verre avec trois parties d'alcool absolu. A la température ordinaire ce réactif ne dissout que $\frac{1}{4000}$ de nitrate de strontiane, et le nitrate de chaux, qui n'en exige qu'une fois et demie son poids pour tomber en déliquescence, diminue plutôt qu'il n'augmente sa faculté dissolvante.

Pour déduire la proportion de carbonate de strontiane renfermée dans les diverses variétés d'arragonite de celle du nitrate obtenu, il était nécessaire de connaître exactement le rapport de composition de ces deux sels. MM. Bucholz et Meissner ont trouvé que 100 parties de nitrate équivalent à 69 $\frac{1}{2}$ de carbonate parfaitement desséché.

Le résultat des recherches de MM. Bucholz et Meissner est très-différent de celui de M. Stromeyer; ils ont trouvé :

	Carbonate de strontiane
Dans les arragonites de Neumarkt, Saalfeld, Minden, Bastènes et Limburg........	0,0000
Dans l'arragonite commune d'Espagne............	0,0075
— — — cristallisée d'Espagne............	0,0112
— — — de Bohême....................	0,0111
— — — bascillaire d'Auvergne..........	0,0133
— — — *idem*, autre échantillon.......	0,0233
— — — de France......................	0,0133
— — — radiée de Budheim.............	0,0233

Ils en concluent qu'il y a des arragonites, qui

quoique possédant tous les caractères essentiels à l'espèce, ne contiennent point de carbonate de strontiane; que d'autres en contiennent, mais en quantité très-petite, et très-variable dans les divers échantillons d'une même localité, et que, par conséquent ce carbonate doit être regardé comme accidentel et comme n'ayant aucune influence sur la cristallisation de l'arragonite.

Analyse de trois variétés d'arragonite par M. Laugier.

M. Laugier a annoncé, dans une note qu'il a lue à la Société philomathique le 12 avril 1817, qu'il n'avait pu découvrir la moindre trace de strontiane dans les arragonites de Baudissèro près de Turin, et dans celle du pays de Gex, et qu'il n'en avait trouvé que $\frac{1}{1000}$ dans l'arragonite de Bastènes. On peut donc regarder comme certain qu'il y a des variétés d'arragonite qui ne renferment point de carbonate de strontiane, ou qui n'en renferment que des atomes; mais M. Laugier fait remarquer en même temps que les variétés les plus pures, les plus transparentes et les plus régulièrement cristallisées sont celles qui en contiennent la plus grande proportion, et que celles qui n'en contiennent point ou presque point ne réunissent pas tous les caractères des arragonites proprement dites (en cela il diffère d'opinion avec MM. Bucholz et Meissner). Ainsi celle de Baudissèro, quoique assez régulièrement cristallisée, est presque complétement opaque; elle est très-friable, et on est tenté de croire qu'elle a éprouvé un commencement d'altération. Celle du pays de Gex a la cassure vitreuse des arragonites les mieux caractérisées; mais elle est en masse et n'offre aucune apparence de cristallisation.

L'exposé succinct que nous venons de faire des travaux entrepris par des hommes très-savans pour découvrir en quoi l'arragonite diffère chimiquement du spath calcaire, ou, dans le cas où ces substances seraient de même nature, comment il se fait qu'elles aient un système de cristallisation différent, prouve que c'est un problème des plus difficiles à résoudre pour la chimie et la minéralogie, et que nous n'avons pas encore tous les élémens nécessaires pour en donner une bonne solution.

Sur la différence qui existe entre les propriétés optiques de l'arragonite et celles du spath calcaire, par David Brewster. (Journal of Sciences and the Arts, n°. 7, page 112.)

MM. Malus et Biot ont annoncé que l'arragonite n'a qu'un seul axe de réfraction ordinaire, ainsi que le spath calcaire; M. Brewster pense que ces savans se sont trompés, et doit indiquer incessamment la cause de leur méprise : il est parvenu à découvrir dans deux échantillons d'arragonite bien caractérisés, deux axes de réfraction extraordinaire, l'un perpendiculaire et l'autre parallèle à l'axe du prisme hexaèdre.

« Il serait intéressant d'examiner, dit-il, si » les cristaux d'arragonite, qui ne contiennent » point de carbonate de strontiane, diffèrent en » quelque point, dans leurs propriétés optiques, » de ceux qui en renferment les plus petites pro- » portions. Il est extrêmement probable qu'on » n'y remarquera aucune différence. »

EXTRAIT

D'une lettre de M. Swedenstjerna *à M.* Gillet de Laumont, *inspecteur général des mines, sur le* Pétalite *et sur le* Lithion, *nouvel alcali* découvert *dans cette pierre.*

M. Arfvedson, élève très-habile de M. Berzélius, vient de faire connaître les résultats d'une analyse du *pétalite* de la mine d'Utö, en Suède, dont voici la susbtance :

Le *pétalite* est composé d'environ 80 parties de silice, 17 d'alumine et 3 d'un *nouvel alcali*, auquel M. Berzelius a donné le nom de *lithion*, du mot grec *lithos*.

Ce nouvel alcali, uni à l'acide carbonique, tel qu'on l'obtient en le séparant au feu de sa combinaison avec l'acide acétique, est *extrêmement fusible*. Il entre même en fusion avant que la masse soit chauffée au brun rougeâtre. Dans cet état il se dissout avec difficulté dans l'eau, dont il exige, pour sa dissolution parfaite, une grande quantité. La liqueur prend alors un goût alcalin; lentement évaporée, on y observe une tendance de cristallisation en prisme, dont la forme n'est pas encore déterminée.

La combinaison de l'acide acétique avec le *lithion* étant rougie dans un creuset de platine, l'attaque fortement. Cette même combinaison, desséchée, se dissout avec effervescence dans l'acide sulfurique, forme avec ce dernier un sel très-fusible et facilement dissous dans l'eau, mais n'est nullement altérée par le contact de l'air.

Avec l'acide muriatique il forme de même un sel fusible et dissoluble dans l'eau. Ce sel, après avoir été fondu, tombe aisément en déliquescence, comme le muriate de chaux.

Les combinaisons que forme le *lithion* avec les acides végétaux ne sont pas encore connues, exception faite de celles avec l'acide acétique et l'acide tartareux. On obtient avec ce dernier, et par l'évaporation, un sel efflorescent, tandis que le sel formé avec l'acide acétique se prend en gelée ou en une masse d'apparence gommeuse.

La capacité du *lithion*, pour saturer les acides, est très-grande, et surpasse même, non-seulement celle de la potasse et de la soude, mais encore celle de la magnésie, de laquelle le *lithion* se rapproche pourtant le plus par la proportion d'oxigène qu'il contient.

En comparant les résultats de l'analyse chimique avec les résultats qu'avait obtenus M. Haüy presque en même temps par l'examen géométrique du *pétalite*, et d'où il jugea que cette substance devait former une espèce particulière; on ne peut révoquer en doute l'excellence de sa méthode, tant de fois prononcée de cette même manière.

J'ajouterai encore quelques mots sur le *pétalite*. Je l'ai nommé ainsi, parce que, en l'examinant en grandes masses, j'ai cru y trouver de l'analogie avec la substance qu'a décrite Dandrada sous ce nom; quoiqu'il y ait des différences qui proviennent de ce que Dandrada n'avait peut-être jamais trouvé un seul échantillon parfait, ce que j'ai lieu de supposer, en considérant la rareté de cette substance dans les cabinets, même ici, avant la récolte que j'en fis

l'année passée ; le seul échantillon qui m'avait pu donner une idée vague de ce qu'entendait Dandrada par le *pétalite*, se trouvait dans la collection de l'université d'Upsal. Dans le grand nombre des minéraux qu'on m'avait envoyés d'Utö, depuis 1804, je n'ai jamais trouvé quelque chose qui ressemblât ni au *pétalite* de Dandrada, ni à la même substance que le hasard m'a fait trouver dans un état de plus grande pureté ; c'est aussi par cette même raison, si je ne me trompe, que Jameson et autres minéralogistes l'ont exclue de leur système.

Voici quelques-uns des *caractères extérieurs* que je lui ai trouvés en comparant plusieurs échantillons :

La *couleur* du *pétalite* est tantôt d'un blanc laiteux, tantôt d'un beau rose tirant vers l'incarnat ; quelquefois, mais rarement, on en trouve d'un beau vert de pré.

On n'en trouve pas en cristaux, mais *en masse*. Il est rare de trouver ces masses dans leur plus grande pureté lorsqu'elles dépassent la grosseur de quelques pouces cubes.

La surface est plus ou moins éclatante ; et quelquefois nacrée ; dans son *intérieur* et ses *cassures fraîches*, son éclat se rapproche plus ou moins du vitreux, avec un chatoiement qui provient visiblement de la disposition des lames ou prismes aplatis dont il est composé.

La cassure longitudinale est laminaire. Les lames sont parallèles et posées l'une sur l'autre avec régularité dans les échantillons purs ; dans ceux mélangés, les lames sont plus minces, un peu ondulées et moins marquées. La cassure transversale présente une surface unie à grains

serrés et un peu écailleux (splitrig) comme celle de certains quarz. Cassé dans le sens de la diagonale, il ne présente jamais un clivage net, mais irrégulier, et paraît au premier aspect ou fibreux, ou plus ou moins tortillé.

Les *petits fragmens* sont évidemment prismatiques, très-aplatis, à bords inégaux et souvent très-pointus.

Il est *assez dur*, se rapprochant de la dureté du feldspath et du triphane, sans les rayer pourtant, ni en être rayé. Cependant il raye très-bien le verre et fait prodigieusement de feu au choc du briquet; il est assez facile à casser dans le sens des lames, plus difficile à casser transversalement, si l'on n'y rencontre des fissures qui forment, dans les échantillons les plus purs, un angle droit avec les lames.

Réduit en poudre, il devient opaque et d'un blanc de lait; il est *transparent* sur les bords en petits fragmens, et demi-transparent en masses de la grosseur d'un pouce ou environ.

Au feu du *chalumeau*, et sans addition, il fond, comme le feldspath, en un verre transparent, coloré en blanc laiteux, à raison des bulles d'air qu'il renferme. Avec du borax il fond aisément en un verre transparent et incolore.

Quant au lieu où l'on prétend que le *pétalite* a été trouvé, je crois, jusqu'à nouvelles preuves, que la mine d'Utö est le seul. M. Brongniard, dans son *Traité élémentaire de Minéralogie*, rapporte qu'on en avait trouvé de même à Sahla et à Tuingrufen, dans le Nya-Koppaberg. Il est probable que l'on s'est trompé sur quelques substances siliceuses mêlées de calcaire en petites masses.

Le *gisement* du *pétalite* à Utö n'est encore que très-peu connu quant aux circonstances géologiques. Il fait partie des filons de peu de largeur (3 à 4 pieds environ), qui traversent les couches de mine de fer presque verticales et épaisses de 10 à 15 toises, qui sont en exploitation. La mine est actuellement à 90 toises en profondeur; c'est à 20 toises environ du fond, que l'on dit avoir exploité le roc qui renferme le *pétalite*. Cette exploitation ayant été faite, non pour trouver du minerai, mais pour assurer les parois de la mine, est purement accidentelle; on n'y reviendra peut-être jamais.

Note sur une nouvelle espèce d'alcali minéral; par M. Vauquelin.

Il y a un mois, M. Gillet de Laumont, notre confrère, me remit 10 grammes d'une pierre trouvée en Suède, et nommée *pétalite*, pour que je la soumisse à l'analyse.

J'en traitai d'abord 5 grammes par la potasse, et j'obtins par ce moyen 78 de silice et 13 d'alumine, plus une trace de chaux et d'oxide de fer; mais j'éprouvai un *deficit* de 7 centièmes.

Comme je n'avais rien perdu, je soupçonnai que le minéral pouvait contenir quelque acide, tels que l'acide fluorique ou phosphorique, qui se rencontrent assez souvent dans les pierres; en conséquence j'en traitai 2 grammes des 5 qui me restaient, par la méthode de M. Berzélius, mais je n'aperçus aucun vestige d'acide.

Il ne me restait plus qu'à y rechercher la présence des alcalis : j'examinai alors le pétalite par le moyen du nitrate de baryte, et j'obtins en

effet, par la suite des manipulations que ce mode exige, une matière alcaline, mais dont la quantité, qui ne s'élevait pas à 2 grains, ne me permit point de reconnaître la nature ; cependant, comme elle me parut avoir plus de rapport avec la potasse qu'avec tout autre, j'écrivis à M. Gillet de Laumont, que je croyais que le pétalite contenait de la potasse.

Quelques jours après, M. Gillet de Laumont reçut de M. Suedenstierna, son correspondant en Suède, la nouvelle que M. Arfvedson avait trouvé un *alcali nouveau*, auquel M. Berzélius avait donné le nom de *lithion*.

Sans donner le procédé que M. Arfvedson a mis en pratique pour extraire cet alcali, M. Suedenstierna rapporte quelques-unes des propriétés qui caractérisent le *lithion* et le distinguent de la soude et de la potasse.

a. En ce que le sel formé par la combinaison avec l'acide carbonique est très-difficile à dissoudre dans l'eau.

b. Par sa disposition à attaquer le platine, étant rougi dans un creuset de ce métal.

c. Par la grande fusibilité des sels qu'il forme avec les acides sulfurique et muriatique ; le premier coule comme une huile avant d'être chauffé à un premier degré d'incandescence, et le second attire l'eau de l'atmosphère avec avidité.

d. Par sa grande capacité pour saturer les acides, surpassant en cela de beaucoup celle de la potasse et de la soude, même celle de la magnésie avec laquelle le *lithion* a beaucoup de rapprochement par sa quantité d'oxigène.

e. Parce qu'avec l'acide tartareux il forme un

sel efflorescent, tandis qu'avec l'acide acétique le sel qui en résulte se prend en gelée ou en une masse d'apparence gommeuse.

D'après cette nouvelle, M. Gillet me remit 10 nouveaux grammes de pétalite, en m'invitant à en extraire l'alcali et en constater les qualités annoncées par M. Arfvedson, ce que je fis avec empressement.

En confirmant les observations de M. Arfvedson sur les caractères de l'alcali nouveau, j'y ai ajouté les suivans :

1°. Il a une *saveur caustique* comme les autres alcalis fixes.

2°. Il agit d'une manière *très-forte* sur les couleurs bleues végétales.

3°. Il forme, avec *l'acide sulfurique*, un sel qui cristallise en petits prismes d'un blanc éclatant, qui m'ont paru carrés, qui a une *saveur salée et non amère*, comme les sulfates de soude et de potasse, qui est plus soluble dans l'eau, et plus fusible au feu que le sulfate de potasse.

4°. Il forme, avec *l'acide nitrique*, un sel déliquescent d'une *saveur très-piquante*, ce qui n'appartient pas au nitrate de potasse ni au nitrate de soude.

5°. Avec l'*acide carbonique* il donne un *sel peu soluble*, qui s'effleurit à l'air; on peut le précipiter d'une solution sulfurique concentrée, au moyen d'une solution de carbonate de potasse aussi rapprochée. Cependant ce sous-carbonate est infiniment plus soluble que les carbonates terreux. Il paraît qu'il *attire très-promptement l'acide carbonique* de l'air; car il suffit du temps nécessaire pour l'évaporation de sa dissolution, pour qu'il soit entièrement carbonaté.

6°. Il est soluble dans 100 *fois son poids d'eau environ froide*, et quoique faible, sa dissolution fait effervescence avec les acides et agit fortement sur les couleurs bleues végétales.

7°. La dissolution de ce sel précipite le muriate de chaux, les sulfates de magnésie et d'alumine en flocons blancs; les sels de cuivre, de fer et d'argent, sous des couleurs semblables à celles qu'y produisent les carbonates de soude et de potasse.

8°. Elle dégage l'ammoniaque de ses combinaisons salines.

9°. La chaux et la baryte lui enlèvent l'acide carbonique.

10°. Elle ne précipite point le muriate de platine comme le carbonate de potasse.

Le *lithion*, en s'unissant au soufre, donne un sulfure de couleur jaune, très-soluble dans l'eau, et qui est décomposé par les acides avec les mêmes phénomènes que les sulfures alcalins ordinaires.

Il paraît par l'abondance des précipités qu'y font naître les acides, que le lithion sature beaucoup de soufre.

Pour connaître la capacité de saturation de cet alcali, et le rapport de son oxigène avec celui des acides qu'il neutralise, j'ai fait les expériences suivantes:

1°. 490 milligrammes de sulfate de lithion cristallisé, fondu dans un creuset d'or, se sont réduits à 430 milligrammes, ce qui donne 12 $\frac{1}{4}$ d'eau pour 100.

2°. Les 430 milligrammes restans, décomposés par la baryte, ont fourni 875 milligrammes de sulfate de baryte, qui contiennent 297,5 d'acide

sulfurique, ce qui donne, pour la composition de ce sel desséché :

Acide sulfurique........	69
Oxide de lithion........	31

Comme on sait que le rapport entre l'oxigène de l'acide sulfurique et celui des bases qu'il sature est comme 3 à 1, et que dans 69 d'acide sulfurique que nous avons trouvés dans 100 de sulfate de lithion, il y a 41,52 d'oxigène ; il est évident, si la loi ne souffre pas d'exception, que les 31 d'oxide de lithion contiennent 13,84 d'oxigène : d'où il suit que cent parties de cet oxide seraient formées de :

Lithion..............	56,50
Oxigène..............	43,50

quantité qui est plus grande que celles qui se trouvent dans tous les autres alcalis connus jusqu'à présent.

Tel est le petit nombre de remarques qu'il m'a été permis de faire jusqu'à présent sur cette substance, à cause de la très-petite quantité que j'ai pu m'en procurer ; mais j'espère que par les soins de M. Gillet de Laumont, je pourrai en préparer suffisamment pour en faire une histoire plus complète.

En attendant, j'ai l'honneur de présenter à l'Académie la portion qui m'en reste à l'état de *sous-carbonate*.

Note sur le Pétalite ; *par M.* Gillet de Laumont.

Forme, se trouve en masses cristallines assez étendues, mais jusqu'ici non cristallisée.

Couleur, blanc-grisâtre, quelquefois rougeâtre.

Contexture, dans les morceaux purs, son tissu paraît la-

melleux, composé de parties cristallines groupées confusément; on y voit beaucoup de fissures parallèles dans plusieurs sens.

Cassure, lamelleuse suivant la direction des lames; observée par M. Haüy dans trois sens, dont deux principaux se coupent sous l'angle d'environ 137 degrés, angle le plus ouvert que ce savant ait jusqu'alors trouvé, qui lui a indiqué un prisme droit rhomboïdal, et l'a porté à le regarder comme la *forme primitive ;* le troisième sens de cassure est suivant la petite diagonale du prisme; la cassure dans un sens différent de celui des lames est imparfaitement conchoïde.

Eclat, les faces de cassure lamelleuse sont éclatantes, quelquefois très-éclatantes, souvent leurs reflets sont nacrés; les cassures autres que celles suivant le sens des lames ont un éclat faible et gras comme certains quarz.

Transparence, fortement translucide sur les bords, et même translucide à travers des masses peu épaisses.

Dureté, étincelle sous le choc du briquet, raye le verre; quand il est pur il raye le feldspath adulaire, le triphane, et en est rayé; facile à casser dans le sens des lames.

Pesanteur spécifique, 2.4356 prise par M. l'ingénieur Berthier, d'après un morceau gros et pur; Dandrada avait trouvé 2.620.

Caractère chimique, fusible, au chalumeau, en un émail blanc bulleux, souvent plus difficilement que le feldspath; avec le borax il donne un verre blanc, transparent; il n'éprouve aucun changement sensible dans les acides.

Analyse, par M. Arfvedson : silice, 80; alumine, 17; lithion, 3.
par M. Vauquelin: .... 78; .... 13; ..... 7.
D'après M. Vauquelin l'oxide du lithion contient 56,50 de lithion et 43,30 d'oxigène. Cet alcali nouveau a été trouvé dans le *pétalite* par M. Arfvedson en janvier 1818; d'abord de 3 pour % en négligeant les fractions; puis de 5, ce qui rapproche son analyse de celle de M. Vauquelin.

Gisement, dans un des filons qui traversent la couche épaisse et presque verticale de la mine de *fer oxidulé* de l'île d'Utö sur la côte de Sudermanie en Suède; ce filon

est mélangé de quarz, quelquefois d'étain oxidé en petits grains, et accidentellement de manganèse.

La mine d'Utö contient beaucoup de minéraux différens, au nombre desquels je connais:

Le *fer oxidulé*, qui est l'objet de l'exploitation; le *fer arsenical* en petites masses, l'*étain oxidé* en petits grains, quelques parcelles de *manganèse* qui paraît quelquefois, ainsi que le fer, colorer le pétalite; de la *chaux carbonatée* limpide, du *quarz* disséminé en petites masses, du *feldspath* vert, de l'*apophylite* quelquefois de couleur rose, du *triphane* assez abondamment, des *tourmalines*, d'un bleu-pâle, en petites masses (indicolithe), et d'autres bleu-foncé en baguettes; de l'*amphibole* quelquefois en petits cristaux, de l'*épidote* en masse, du *mica*, de la *lépidolithe* de diverses couleurs, du *pétalite* lamelleux, quelquefois lamellaire lorsqu'il est mélangé avec d'autres substances.

Note sur le Triphane; *par* LE MÊME.

M. Suedenstierna me marque (le 17 mars 1818) que M. Arfvedson vient de reconnaître 8 pour $\frac{0}{0}$ de *lithion* dans le *triphane* d'Utö; d'après cette nouvelle découverte, qui s'étendra sans doute sur d'autres substances, et d'après celle du *triphane* (que l'on ne connaissait jusqu'alors qu'en Suède) dans les montagnes du Tyrol par M. Léonhard (1), les chimistes pourront facilement se procurer ce nouvel alcali, qui pourrait bien être celui trouvé par M. Vogel dans le *triphane* qu'il a regardé comme de la potasse, avec laquelle il a beaucoup de ressemblance.

D'après le mémoire sur le *triphane* et le *tantalite* que viennent de publier MM. Léonhard et Vogel à Munich, le *triphane* du *Tyrol* se trouve dans une espèce de granite aux environs de Sterzing; sa pesanteur spécifique est de 3.115;

(1) Ce savant, qui était passé de Hanau à Munich, vient de se rendre à Heidelberg pour occuper la chaire de minéralogie de l'université de cette ville.

le même mémoire contient l'analyse de M. Vogel sur le *triphane* du *Tyrol*, et celles de MM. Hisinger, Berzélius et Vauquelin sur celui de *Suède*.

		Silice.	Alumine	Chaux.	Oxide de fer.	Eau.	Potasse.	Totaux.
du Tyrol..	Vogel.....	63.50	23.50	1.75	2.50	2.00 part. volat.	6.00	99.25
de Suède.	Hisinger ..	63.40	29.40	0.75	3.00	0.53	.....	97.08
	Berzélius. .	67.50	27.00	0.63	3.00	0. 3 pertes.	.....	98.66
	Vauquelin.	64.40	24.40	3.00	2.20	1.00	5.00	100.00

M. Vauquelin vient de trouver (fin d'avril 1818), dans un morceau de *triphane* d'Utö, 2,5 de *lithion* qu'il estime à 3, si le quarz eût été moins abondant; M. Berthier, au laboratoire des mines, a trouvé la même quantité.

---

*Note sur l'*Albite, *par* LE MÊME.

M. Vauquelin a fait aussi l'analyse d'une substance de Finnbo, près de Fahlun en Suède, que l'on avait nommée *feldspath radié*, à raison des stries éclatantes et divergentes qu'elle présente souvent; il a trouvé qu'elle ne différait du feldspath que par la présence de l'alcali de la *soude*, au lieu de celui de la *potasse*, de même que M. Berzélius l'avait déjà reconnu. Il en a retiré 70 de *silice*, 22 d'*alumine* et 8 de *soude*.

L'*albite* de Finnbo fond au chalumeau comme le feldspath; il est ordinairement blanc, quelquefois rougeâtre; il accompagne le *tantalite*, l'*ytrotantale*, l'*ytrocerite*, l'*orthite*, etc.; souvent ses stries s'élargissent, se confondent, et alors il approche beaucoup d'un feldspath dont la cristallisation aurait été troublée; mais il y a presque toujours quelques stries plus rapprochées, qui le font reconnaître.

La pesanteur spécifique de l'*albite* prise par M. Berthier est de 2,410.

EMPLOI

De la FUMÉE DE PLOMB *comme couleur.*

En grillant la galène dans un fourneau à réverbère, il se dégage, pendant l'opération, une vapeur blanche qui est recueillie, dans le Northumberland en Angleterre, dans de longues cheminées horizontales construites exprès; cette vapeur, que M. Thompson regarde comme un mélange de cinq parties de carbonate de plomb et trois parties d'antimoine, a une pesanteur spécifique de 5,880.

On vend cette substance dans le commerce, où elle est connue sous le nom de *fumée de plomb;* elle s'emploie comme couleur (1).

(1) Nous rapporterons ici plusieurs analyses de cette même substance recueillie dans la cheminée du fourneau à réverbère de Pesey.

Sulfate de Plomb.	Oxide de Fer.	Silice.	Alumine.	Soufre.	NOMS DES AUTEURS.
88,56.	2,40.	2,20.	2,60.	»	l'ingén. Gueymard.
97,34.	0,00.	2,00.	»	»	*Idem.*
82,71.	5....	5,77.	»	3,40.	l'ingén. Descostils.

FABRICATION

Des LAMES DE PLOMB *en Chine.*

M. Thompson ayant eu besoin de plomb pour quelques expériences chimiques, et ne pouvant disposer que d'une feuille de plomb qui avait servi de doublure à une caisse de thé provenant de la Chine, fût très-surpris de trouver ce plomb allié avec l'étain. L'analyse qu'il en fit lui donna 95,8 de plomb et 4,2 d'étain. On sait que l'alliage de l'étain donne plus de dureté et de ténacité au plomb, et le rend moins nuisible pour la fabrication des vases employés aux usages domestiques.

Voici le moyen très-simple que les Chinois pratiquent pour former les feuilles d'étain.

On prend deux tuiles larges et plates, qu'on double intérieurement d'un papier très-épais; après les avoir placées l'une sur l'autre, l'ouvrier les ouvre un peu à l'un des angles, et y verse la quantité de plomb nécessaire pour former la feuille; ensuite il les presse fortement avec le pied.

Pour prévenir l'oxidation du métal, on emploie une espèce de résine nommée *dummer*.

Les boîtes à thé, qui ont une apparence cristallisée, et qu'on nomme feuilles de *bambou*, sont faites en étain dans ce pays par le même procédé.

DES CHEMINS DE FER

EN ANGLETERRE,

NOTAMMENT A NEWCASTLE,

DANS LE NORTHUMBERLAND;

PAR M. DE GALLOIS, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

DEPUIS long-temps on faisait usage, en Angleterre, de chemins garnis de *bois* pour le roulage des mines. Ces chemins différaient peu de ceux des mines d'Allemagne; seulement les applications étaient faites plus en grand. Les chemins de fer ne sont qu'un perfectionnement de ceux-là. Il y a une trentaine d'années qu'ils ont été proposés par M. *John Curr*, ingénieur civil à Sheffield.

Ils ont été adoptés généralement en Angleterre, pour les petites comme pour les grandes exploitations. Cet usage n'est point borné aux mines ni aux usines : on voit de ces chemins sur les quais, dans les ports, jusque dans les cours et dans les magasins des négocians. Il y en a qui se montent et se démontent à volonté pour les travaux éventuels, pour le transport des matériaux, pour les terrassemens, les déblayemens, pour la construction des ponts, des routes, le creusement des canaux, etc.

Les chemins de fer sont uniquement destinés à des transports réguliers, et pour une entreprise

déterminée. Les voitures ordinaires ne pourraient point y passer.

On en place sur des échafaudages, et sur des espèces de digues, pour traverser les vallées.

Ces chemins ont été considérablement perfectionnés, et peut-être nulle part ne le sont-ils autant que dans les environs de Newcastle, à raison de leur grand emploi pour le service des mines de houille. On peut compter un développement de 75 lieues de ces chemins établis au jour, sur un territoire de 7 lieues de long et de 4 de large. Il en existe autant sous terre, ce qui forme un développement total de 150 de nos lieues (1). Tous les chemins au jour partent des mines, et aboutissent au *Tyne* ou au *Wear*, deux rivières portant de gros navires marchands jusqu'à plusieurs milles de leur embouchure dans la mer.

Les chariots sont sur des roues en fonte, et quelquefois ils sont entièrement construits en fer. Leur charge est d'environ 25 quintaux métriques. La plus petite inclinaison suffit pour que leur propre poids les mette en mouvement. Cinq ou six de ces chariots, enchaînés ensemble, roulent à de grandes distances sans chevaux, ni moteurs, guidés par un enfant qui en modère la vitesse au moyen d'un *levier de friction* ajusté aux roues. Lorsque la pente du terrain est plus rapide, ces chariots descendent un à un de la

(1) *Le* Glamorgan *renferme un développement de près de* 100 *lieues de ces chemins, pour conduire la houille et le fer sur les côtes ou sur des canaux. Le chemin de* Cardiff *à* Mertyr-Tydvil *a environ* 12 *lieues. Le chemin de* Surrey, *près de Londres, a* 7 *lieues, et sert à charrier de la pierre à chaux. Celui projeté de Newcastle à Carlisle aurait* 25 *lieues.*

même manière; un cheval est attelé derrière: arrivé au bas de la côte, il remonte le chariot vide.

Ainsi le poids, quelque considérable qu'il soit, n'est plus un obstacle au mouvement; l'effort ne se mesure que par celui nécessaire à faire remonter les chariots vides, et le cas le plus favorable est celui où la pente n'a que l'inclinaison nécessaire pour vaincre les frottemens et déterminer la descente des chariots chargés, parce qu'alors un cheval peut en remonter le plus grand nombre possible à-la-fois.

Quand la pente est assez forte pour produire, par la quantité de mouvement acquise du chariot, une force surabondante, on en profite au moyen d'une machine; le chemin prend le nom de *plan incliné*. C'est à *Smeathon* qu'on doit cette idée; les plans inclinés ont ensuite été perfectionnés par *Fulton*. On se sert ici d'une grande poulie et d'une corde de *renvoi*, à l'aide de laquelle on fait descendre les chariots chargés, qui, comme un contre-poids, font remonter un égal nombre de chariots vides. La vitesse de la descente est modérée par un *frein* qui presse à volonté la poulie. Ainsi dans ce cas un moteur étranger devient tout-à-fait inutile, même pour remonter les chariots vides; la seule force de gravitation suffit à l'aide d'un câble.

Enfin, quand la pente devient très-rapide le frein ne suffit plus; la chaleur, dégagée par le frottement, mettrait le feu à la poulie: on a imaginé divers moyens pour maîtriser la force de gravitation et assister le frein. En voici un qui paraîtra ingénieux, et que j'ai vu parfaitement réussir aux mines de *Witehaven* dans

le Cumberland. Il consiste en principe, comme tous les autres, à opposer un obstacle à la rapidité de la rotation de la poulie. Ici c'est une pompe à air dont le piston est mû par une manivelle fixée à l'arbre du tambour, autour duquel s'enroule la corde qui tient le chariot. Par le jeu de la machine l'air est refoulé dans un réservoir, et résiste conséquemment au mouvement rapide du piston et à celui de la poulie qui tourne avec le tambour. L'on règle facilement cette résistance, par un robinet ajusté à l'*orifice* qui permet à l'air de s'échapper. Tels sont les moyens employés pour la descente des chariots chargés.

Pour les faire monter une colline, on a recours à des chevaux ou à des machines à vapeurs. Dans la principauté de Galles, où l'on se sert de petits chariots, on fait remonter les pentes par des chevaux. Les chariots chargés sont d'abord enchaînés les uns aux autres, et un cheval en traîne plusieurs; mais au pied de la côte le cheval ne monte qu'un chariot à-la-fois, et quand tous les chariots sont ainsi parvenus au sommet, on les enchaîne de nouveau pour les rouler ensemble comme auparavant. Lorsque la colline est élevée et la pente trop rapide, ou lorsque les travaux se font plus en grand, comme à Newcastle, une machine à vapeur, placée au sommet de la colline, tire les chariots au moyen d'un câble.

Si le chemin est horizontal, ou s'il ne monte que d'un pouce à un pouce et demi par toise, on se sert de *chariots armés de machines à vapeur à haute pression*, qui amènent après eux jusqu'à 20 chariots, dont la charge est de 500 quintaux métriques. Telle est du moins la

force d'un chariot à vapeur perfectionné par MM. *Losh* et *Stephenson*, et qui est en activité aux mines de *Killingworth*, parcourant, si je m'en rapporte à l'évaluation qui m'a été donnée, jusqu'à quatre milles à l'heure avec sa charge, et jusqu'à dix milles à vide.

Il y a trois chemins dans les environs de Newcastle, sur lesquels les chariots à vapeur sont en usage. On en voit également plusieurs à Léeds. On devait en établir un à *Witehaven*, sur lequel ces chariots se promeneraient souterrainement. Les ouvriers appellent ces machines *Jron Horses*, chevaux de fer.

L'emploi de ces divers moteurs varie pour chaque degré d'inclinaison, et forme autant de parties distinctes d'un même chemin et autant d'espèces de *relais*, qui se succèdent avec ordre et promptitude, sans jamais embarrasser le service.

Les navires attendent leur chargement, rangés le long des quais du *Tyne* et du *Wear*. Le charbon arrive par tous les moyens que l'on vient d'indiquer, depuis l'orifice des puits jusqu'aux quais. Il est versé au moyen de *couloirs*, qui le précipitent dans le navire. Lorsqu'on ne veut point briser le charbon par sa chute, on se sert de grandes *bascules* qui tiennent suspendu le chariot, et le portent à 42 pieds de profondeur et à 42 pieds de distance d'une rive escarpée. Le chariot, ainsi posé sur le navire même, s'ouvre par le fond pour se décharger, remonte pour se replacer sur le chemin de fer, et de là reprend sa course pour se rendre de nouveau à la mine.

La mine d'*Ouston*, qui est la plus éloignée

des rivières, et conséquemment la plus défavorablement située, offre un exemple complet de toutes les difficultés vaincues. Elle transporte ses charbons sur la rivière *Wear*, à la distance de plus de quatre milles, et sur la rivière *Tyne*, à la distance de sept milles. Ainsi ce seul établissement entretient un chemin en fer de près de douze milles ou quatre et demi de nos lieues. Du côté du *Wear*, le chemin a deux plans inclinés descendans, et une machine à bascule pour le chargement des navires. Sur l'autre chemin, vers le *Tyne*, il faut traverser trois collines, dont la montée totale est de 406 pieds, et la descente totale de 509 pieds, ce qui s'exécute par trois plans inclinés ascendans pour monter les collines, au moyen de machines à vapeur placées au sommet; trois plans inclinés descendans, dont un a près d'un mille, et enfin deux *bascules* pour le chargement. Toutes ces machines remplissent admirablement leur but. M. Thomson, principal propriétaire de ces mines, y apporte chaque jour de nouvelles améliorations.

La mine d'*Ouston* n'est exploitée que par un seul puits. On extrait régulièrement par jour 120 chariots ou 3,000 quintaux métriques de houille, qui sont transportés partie sur le *Wear*, partie sur le *Tyne*. Quand le besoin l'exige, on peut extraire jusqu'à 5,000 quintaux métriques, qui sont transportés sur le *Tyne*, distant de sept milles, par vingt chevaux.

Les plans inclinés, les machines à vapeur, et tous ces puissans moyens de transport employés au jour, sont également en usage souterrainement. Nous n'en citerons qu'un seul exemple. Nous le tirerons des mines de *Percy-Maine*,

dirigées par M. *Buddle*, l'un des actionnaires, et en même temps l'ingénieur des mines le plus renommé d'Angleterre. Ces mines ont deux puits; l'un a 120 toises de profondeur, et l'autre 135. Ce dernier puits est garni intérieurement d'un *tubage* en fonte de fer, de 40 pieds de hauteur et de 13 pieds de diamètre, au lieu d'un *cuvelage* en bois, pour contenir une couche de sable mouvant et les eaux du *Tyne* qui passent près de ces mines, et dont l'affluence à travers le sable avait mis les plus grands obstacles au percement du puits. On comptait il y a trois ans, dans l'intérieur de ces mines, 203 chevaux vigoureux occupés à conduire la houille depuis les ateliers d'extraction jusqu'aux puits. La houille est transportée dans des paniers; vingt de ces paniers forment un grand chariot, et deux paniers sont placés sur un chariot allongé, mais très-bas; un cheval mène trois de ces chariots à-la-fois. On peut juger de l'activité de ces travaux par le nombre des chevaux, sur-tout si l'on considère que leur action est favorisée par des chemins en fer, que leur allure est le grand trot, et qu'il n'y a pas un moment de perdu durant huit heures de travail. Aujourd'hui la même activité règne, et les mêmes produits sont obtenus avec 73 chevaux; les 130 autres sont épargnés. Près de l'un des puits est un plan incliné ascendant pour faire monter les chariots au moyen d'une machine à vapeur à haute pression, qui sert à l'exploitation de la partie de la couche, inférieure à la *galerie principale*; pour le prolongement opposé de la couche, qui est exploitée en remontant près de l'autre puits, le charbon

arrive de lui-même par quatre plans inclinés, placés à la suite les uns des autres, mais s'entre-croisant sous diverses directions, tant à cause des irrégularités du terrain, que pour faciliter le service des divers ateliers. Les chariots chargés descendent au nombre de trois à-la-fois, en faisant remonter par leur seul poids un égal nombre de chariots vides. A l'intersection de deux plans, les chariots s'arrêtent sur un pont tournant en fonte, qui transporte les chariots de leur première direction dans la seconde: on les enchaîne de nouveau à une machine semblable à la précédente, pour les faire descendre sur le second plan, et ainsi de suite, en répétant la même manœuvre, jusqu'au dernier plan, d'où ils sont transportés au puits par des chevaux.

Beaucoup d'autres applications ont été faites de ces moyens de transport. On voit sur lesbords du *Tyne*, entre Newcastle et Shields, plusieurs monticules formés de pierres et de terres, rapportées *en leste* par les navires, que l'on débarrasse de cette manière, sans encombrer le lit du fleuve qui tient lieu de port. A mesure que ces matières s'entassent, on ajuste à la machine à vapeur des renvois de mouvemens qui font monter les chariots à un niveau supérieur. Le commerce est tellement considérable, et en faveur de Newcastle, que la quantité de *leste*, échangé contre le charbon exporté, forme déjà des montagnes, qui attesteront à l'avenir, plus honorablement que les monumens élevés par l'orgueil, ce que peut la puissance humaine guidée par le génie de l'industrie.

Enfin, on a proposé des *doubles plans inclinés*

et des chariots, à l'aide desquels on pouvait transporter des bateaux d'un niveau à un autre, en passant par-dessus une colline, qui séparerait les deux branches d'un canal, de manière à conserver au bateau une position toujours horizontale, malgré les irrégularités de la pente, soit en montant, soit en descendant. Ce moyen, utile dans quelques circonstances, est un perfectionnement du *plan incliné* que le duc de Bridgewater a fait exécuter souterrainement dans ses mines de houille pour un semblable usage. On en trouve une application aux montagnes qui viennent d'être élevées dans les jardins de Paris pour les courses *aériennes* du public; mais il est fâcheux de voir des capitaux si mal employés, et que ces grands moyens mécaniques ne puissent encore être cités que pour des frivolités.

Nous avons en France des chemins de fer au Creusot. Il en existe à Indret depuis plus de trente ans. Les mines de houille d'Anzin et les mines de plomb de Poullaouen offrent des exemples de chemins en bois comme en Allemagne. Espérons que bientôt leur emploi sera plus général. On est surpris de voir si négligés les grands effets produits par les chemins en fer, quand on examine les principes infiniment simples, et très-connus d'ailleurs, sur lesquels ils sont fondés. Ils se réduisent à éviter le frottement et les petites inégalités du terrain, et à profiter de la force de gravitation toutes les fois qu'elle peut être substituée à une force étrangère; les *plans inclinés* ne sauraient être trop recommandés, et on doit en effet regarder comme un défaut d'industie de faire chercher

péniblement, et à grands frais, par des hommes et par des animaux, des matériaux exploités sur des hauteurs, quand leur seul poids est toujours un agent naturel et suffisant pour les faire descendre, pour peu qu'on leur en prépare la voie.

Ordinairement, on suppose qu'un chemin en fer est fort dispendieux, et l'on s'exagère les difficultés de l'exécution. Mais une route de 24 à 30 piéds de largeur coûte autant, et un chemin pavé de 15 pieds coûte plus du double. Or les frais de charrois sur les chemins de fer étant réduits des deux tiers, on peut voir tout de suite l'économie qui en résulte sur la masse transportée. Ce bénéfice est l'objet et le salaire de l'entreprise.

On sentira combien ce moyen peut être utile au commerce et favorable aux consommateurs, en facilitant les transports et en abaissant le prix des denrées. La plupart des matières brutes ou manufacturées, d'un usage général et journalier, sont d'un grand encombrement, d'un poids considérable, relativement à leur valeur intrinsèque; le charroi les grève de frais accessoires, qui dépassent bientôt leur prix réel. Alors la cherté restreint la consommation, et par conséquent la production, et elle nuit à-la-fois aux bénéfices du négociant et au bien-être du peuple. Ainsi, quelquefois la valeur de la houille double par un transport de trois lieues; souvent les bois, les matériaux de construction, les denrées d'un grand volume ne sont chers et rares, une foule de produits naturels ne sont inaccessibles, et certains points de notre territoire ne restent sans valeur que par l'embarras des communications.

Une forme de chemin, pas plus chère que les

routes ordinaires, la moitié moins chère qu'une route pavée, d'un entretien plus facile et moins dispendieux, économisant les deux tiers des frais de transport, doit convenir dans bien des circonstances; et les frais d'établissement qu'on paraît redouter, non-seulement seraient à la portée de nos spéculateurs, mais leur offriraient un placement de fonds à un intérêt très-élevé.

Ces considérations sont d'autant plus importantes, que les chemins en fer peuvent être établis sur une plus grande échelle. Ils semblent destinés à tenir lieu de canaux de navigation dans beaucoup de circonstances, comme étant plus économiques, et offrant plusieurs avantages qui leur sont propres. On s'occupe déjà d'un projet de cette nature pour joindre, par *Newcastle* et *Carlisle*, les côtes de l'*est* et de l'*ouest* au nord de l'Angleterre; et nul doute, si ce projet s'exécute, que ce système de communication ne prenne un nouveau développement, et qu'en peu d'années des *routes en fer* ne traversent en tout sens la Grande-Bretagne, et n'ajoutent encore aux avantages incalculables que ses vastes côtes et deux mille lieues de canaux procurent déjà à cette nation, la plus éclairée de toutes sur ses véritables intérêts.

(*Le but de cette Notice étant d'indiquer l'esprit dans lequel il faut concevoir l'ensemble des chemins en fer, on a réuni, ci-après, les principales données économiques relatives à leur exécution.*)

Il y a deux sortes de chemins en fer : 1°. les *Rail-Ways*, qui sont formés de barreaux placés de champ, sur lesquels s'appuient les roues, qui ont un rebord à leur circonférence pour servir de guide et empêcher le chariot de sortir de la

voie; 2°. les *Tram-Ways*, qui sont formés de barreaux placés à plat avec un rebord servant de guide, et alors les roues n'en ont pas. La première espèce est préférable pour des chemins établis à la superficie du sol, quand les chariots sont pesans, et que l'exploitation se fait en grand. On les emploie dans le nord de l'Angleterre; je n'en ai point vu dans le midi, où les *Tram-Ways* font le même service, mais avec de petits chariots. Cette seconde espèce de chemin est généralement d'usage pour le transport intérieur des mines. C'est plus particulièrement de la seconde espèce dont M. *John Curr* est l'inventeur.

Les grands chemins extérieurs, indiqués dans les *Voyages métallurgiques de Jars*, comme étant en usage à Newcastle il y a quarante ans, étaient des chemins en bois. Les chemins en bois sont moins chers qu'une route ordinaire, et il est surprenant qu'on n'ait point songé à en faire des applications en France, où ils seraient si utiles.

Les *barreaux*, dont se composent les chemins, sont en *fonte*, et ont 4 pieds de long. Deux barreaux, avec leurs supports, pèsent 40 à 50 kilogrammes pour les grands chemins de la première espèce; 25 kilogrammes pour ceux de la seconde, quand le transport se fait par des chevaux et avec des petits chariots; enfin, 18 kilogrammes quand le transport se fait avec de plus petits chariots encore, traînés par des hommes.

En Angleterre, on évalue les frais de construction des grands chemins de fer, établis à la superficie du sol, à environ 1,000 livres sterling par *mille* de longueur, tout compris, à l'exception des machines et des frais extraordinaires que nécessitent les grandes difficultés de terrain. En admettant cette base, la lieue de France de 2,000 toises reviendrait à 66,000 fr. Or, une lieue de route ordinaire, de 24 à 30 pieds de large, coûte de 50 à 80,000 fr., suivant les difficultés de se procurer des matériaux; une lieue de pavé, de 15 pieds de large, coûte, indépendamment du chemin, 140,000 fr. aux environs de Paris. La lieue de grand canal peut être évaluée, terme moyen, à 700,000 fr.; les petits canaux coûtent le tiers. Ces diverses données varient suivant les localités; nous ne les indiquons qu'approximativement pour offrir quelques points de comparaison, et faire voir que les chemins en fer sont moins chers que d'autres moyens de transport déjà usités. On concevra en effet qu'il doit en être ainsi : la voie est au

plus de 4 pieds 6 pouces; il suffit de donner au chemin 8 pieds de large, sauf les portions doubles réservées de loin en loin pour le croisement des chariots, et le chemin apporte déjà dans sa propre construction une économie considérable dans le charriage des matériaux dont il est formé. Le tracé horizontal, qu'il doit conserver, exige quelquefois moins de développement qu'un chemin ordinaire pour contourner les irrégularités du terrain, parce que de longs circuits peuvent, presque toujours, être abrégés par un *plan incliné*.

Voici quelques conditions essentielles à remplir. Le moteur, un cheval je suppose, pouvant mener un fardeau plus ou moins considérable, suivant le degré d'inclinaison du chemin, il faut que d'un relais à l'autre la pente soit uniforme, et que la portion comprise entre deux soit la plus longue possible, afin d'occasionner le moins que l'on pourra de ces changemens de relais. Il est encore plus important, pour les chemins en fer que pour les routes ordinaires, de combiner avantageusement les déblais et les remblais, de manière à obtenir un tracé rigoureux sans inclinaison vague, ni contre-pente; de bien déterminer les points sur lesquels il conviendra d'ouvrir le chemin, afin que chaque portion puisse se finir à mesure que l'on s'étend, pour opérer avec économie le mouvement des terres, et que tout se raccorde exactement; enfin, on aura soin de faire passer le chemin à travers quelques bancs de pierre, dont l'excavation servira à former les *dez*, sur lesquels sont encastrés les barreaux, et à fournir les matériaux nécessaires pour charger la route.

Ces chemins, ainsi que les voitures, n'éprouvent point de cahotement; ils sont peu sujets à être dégradés, et leur entretien est très-peu dispendieux.

Les petits chemins, pour les travaux intérieurs des mines, n'exigent qu'un système régulier d'exploitation et l'achat des barreaux. Ces barreaux s'assemblent facilement sur des bouts de planches, et les frais de posage sont presque nuls.

Les prodigieux résultats attribués aux *chariots à vapeur* appartiennent aux chemins de fer; car ces chariots représentent la force d'un certain nombre de chevaux, qui, employés de même, produiraient autant d'effet.

Le chariot de Newcastle contient 25 quintaux métriques de houille; vide, il pèse 15 quintaux métriques; ainsi, la charge totale est d'environ 40 quintaux métriques. Sur un chemin, incliné de 0,46 de pouce par toise, les chariots

chargés descendent par la seule force de gravitation. Un cheval peut aisément faire remonter quatre chariots vides, pesant ensemble 60 quintaux métriques. Il s'effectuera donc en descendant un transport de 100 quintaux métriques. Si la pente est de 0,94 de pouce par toise, le cheval ne fera remonter que trois chariots vides, pesant 45 quintaux métriques, et il ne s'effectuera en descendant qu'un transport de 75 quintaux métriques de houille. L'entrepreneur du premier de ces relais reçoit, par millier métrique et par lieue, 0f.,069, et celui du second 0f.,072.

Sur un chemin montant de 0,78 de pouce par toise, un cheval ne conduira que deux chariots, transportant net 50 quintaux métriques de charbon, et avec le poids des chariots, 80 quintaux métriques. En revenant il descend à vide, et sa charge est 30 quintaux métriques. Elle n'est pas assez forte pour vaincre les frottemens, et déterminer la descente des chariots sans l'aide du cheval. Cependant il sera très-peu en action; mais sa charge en remontant ayant été plus forte que dans les deux cas précédens, il sera plus fatigué, et il faudra faire choix d'un cheval plus vigoureux, ou lui faire parcourir un moindre trajet. L'entrepreneur reçoit 10 centimes par millier et par lieue.

Aux mines de *Glascow*, les chariots sont beaucoup plus petits qu'à *Newcastle*. Un chariot pèse 3 quintaux métriques, et contient 6 quintaux métriques de houille. Un cheval mène ordinairement 16 chariots chargés, et quelquefois 20, sur un chemin incliné de 0,02 de pouce par toise. Il transporte conséquemment de 96 à 120 quintaux métriques de houille en descendant, et il remonte à vide avec une charge de 48 à 60 quintaux métriques.

Nous pourrions encore rapporter plusieurs autres résultats analogues qu'il serait bon de comparer; mais nous nous bornons à indiquer, comme un terme moyen assez exact, pour les chemins qui ont de légères pentes ascendantes et descendantes, qu'un cheval de charrette de force ordinaire, conduira 7 milliers métriques, et fera par jour une allée de 10 1/2 *milles*, ou 3 3/4 de nos lieues, et autant pour le retour, c'est-à-dire, parcourra en tout 7 1/2 de lieues. Mais comme, d'après la nature des transports qui nous occupent, il y aura rarement des retours à espérer, il ne faudra compter que sur 7 milliers, transportés à la distance de 3 3/4 de lieues.

On a indiqué dans le corps du mémoire les machines dont

on se servait pour exécuter les transports sur des pentes, auxquelles on donne le nom de *plans inclinés ascendans ou descendans*. Ces cas sont moins fréquens qu'on le pense dans les pays qui ne sont point essentiellement montueux. On peut, presque toujours, donner un tracé horizontal à la plus grande partie de la route, et réunir les pentes dans des espaces très-limités, sur les *plans inclinés*. La charge doit être d'autant plus forte sur un *plan descendant*, que la pente est moins rapide, et que le plan est plus long, afin de surmonter le frottement des roues et celui du câble qui glisse sur le terrain. Une pente de 4,32 pouces par toise, et une longueur de 1,100 mètres, exigent jusqu'à six chariots chargés pour faire remonter un égal nombre de chariots vides. Une pente de 9,24 pouces n'exige que deux chariots chargés pour faire remonter deux chariots vides, et même un seul suffit; mais on préfère en faire descendre deux à-la-fois pour la promptitude du service. Enfin, si la pente est plus forte encore, non-seulement la descente ne peut s'opérer qu'avec un seul chariot, mais il faut *assister le frein*, ainsi que nous l'avons déjà expliqué. Les frais de transport se réduisent ici à l'entretien du câble. La mine d'*Oaston* offre trois exemples de *plans ascendans*, pour lesquels on emploie des machines à vapeur. La pente moyenne est de 8,74 pouces par toise; la longueur totale est de 850 mètres, et la force réunie des trois machines égale celle de soixante-neuf chevaux. Quatre chariots, chargés de 100 quintaux métriques, montent avec une vitesse d'un mètre par seconde. Le résultat est 5,000 quintaux métriques, élevés verticalement à 103 mètres en vingt-quatre heures. Il serait plus considérable si les machines étaient constamment en mouvement, et s'il n'y avait point de temps perdu pour attendre l'arrivée des chariots. Or la nourriture des chevaux produisant le même effet, coûterait plus que la houille consommée par les machines. Ainsi ce moyen, le plus dispendieux de tous, offre cependant de l'économie. Valeur de terrain, intérêt du capital, entretien, charriage, tout compris, le transport coûte, terme moyen, 70 cent. par millier métrique et par lieue, malgré la situation défavorable de la mine d'*Oaston*, et les prix très-élevés des journées d'hommes et de chevaux en Angleterre.

En résumant tout ce qui précède, nous pensons que, *sur un chemin bien tracé*, la dépense d'un cheval et celle de son conducteur, transportant par jour 7 milliers métriques à la distance de 3 3/4 lieues, peut assez généralement (*même en ayant*

recours à des plans inclinés) être admise comme un terme moyen des frais de transport.

La journée de transport étant de 5 fr., les frais seraient de 19 centimes par chaque millier métrique transporté à une lieue, non compris l'intérêt du capital employé à l'établissement du chemin, et dont la portion à répartir sur chaque transport partiel est d'autant plus légère, que la matière totale transportée devient plus considérable.

La journée de transport de Saint-Etienne à la Loire est de 3 fr. 50 cent.; mais comme la charge n'est que 700 kilogr., à cause du mauvais état des chemins, le millier métrique revient actuellement à 1 fr. 66 cent. par lieue. Au même taux, il en coûterait 13 cent. sur un chemin de fer. Le roulage, sur nos grandes routes, coûte 1 fr. 25 cent. quand il y a retour. Le *minimum* des droits sur les canaux de France est de 0f.,04 pour la houille et 0f.,18 pour les fers. Les droits et les frais, tout compris, sur les canaux de Briare, de Loing et du Centre, sont d'environ 18 cent. pour la houille et de 32 cent. pour les fers; sur le canal de *Worchester*, en Angleterre, ils sont de 28 cent.; dans les environs de *Dudeley*, de 41 cent. pour le charbon et le fer, et de 14 cent. pour la pierre à chaux : le tout réduit au millier métrique et à la lieue de France.

Concluons : Les chemins de fer offrent un moyen de transport intermédiaire, entre les routes et les canaux, trop imparfaitement connus jusqu'à présent, pour avoir reçu de grandes applications en France. Ils coûtent beaucoup moins que les canaux, et ils ont sur eux l'avantage de servir en toutes saisons, d'exiger moins d'entretien et de convenir à des localités où les canaux seraient impraticables, soit par les difficultés du terrain, soit par l'impossibilité de se procurer l'eau nécessaire pour les alimenter. Les chemins de fer formeront un jour le complément de notre système de communications intérieures; ils méritent d'être considérés comme un objet d'utilité publique du plus grand intérêt.

Voyez, pour les chemins de fer, le 1er. vol. de la *Mécanique appliquée* de M. Borgnis; le *Bulletin* du mois d'octobre 1817 de la Société d'Encouragement; notamment les *Annales* d'O'Reilly, qui en donne les détails de construction dans le N°. de fructidor an XI.

(25 *lieues de* 2,280 *toises correspondent à* 69 1/2 *milles. Le mille anglais est de* 1,760 YARDS; *le yard est de* 3 *pieds anglais; un pied anglais vaut* 0m.,304799.)

CHIMIE. (EXTRAITS DE JOURNAUX.)

1. *Perfectionnement de la lampe à air inflammable, et appareil pour se procurer instantanément du gaz hydrogène dans un laboratoire; par M.* Gay-Lussac. (Annales de Chimie, *tome V, page* 301.)

La lampe ordinaire à air inflammable a l'inconvénient d'exiger qu'on en renouvelle le gaz hydrogène très-fréquemment. L'appareil de M. Gay-Lussac a l'avantage de s'alimenter de lui-même, et il peut servir à procurer instantanément du gaz hydrogène dans un laboratoire. Il consiste en un flacon à trois tubulures, un ballon percé d'un petit trou à son fond; et en un cylindre de fer ou de zinc attaché à un fil de laiton, ou enveloppé dans un treillis de ce métal. On remplit le flacon d'acide sulfurique, étendu de une à deux fois son volume d'eau; l'une des tubulures est fermée par un bouchon auquel on attache le cylindre métallique, qui ne doit descendre qu'à une certaine hauteur au-dessus du fond; la tubulure du milieu reçoit le ballon, dont le col, un peu rétréci à son extrémité, plonge dans l'acide au-dessous de la partie inférieure du cylindre : la capacité du ballon doit être assez grande pour recevoir tout le liquide dans lequel plonge son col; la troisième tubulure porte un tube droit à robinet, ou un long tube recourbé, propre à entrer sous les cloches à l'appareil pneumatochimique. Appareil.

Le flacon étant plein d'acide agit sur le métal, et il se dégage de l'hydrogène; on laisse le robinet Effet.

ouvert pour que l'air puisse s'échapper, autrement il pourrait y avoir une détonation dans le ballon la première fois que l'on ferait usage de la lampe, à moins que le volume de l'air ne surpassât pas le douzième de celui du gaz hydrogène. En fermant le robinet, le gaz se comprime et fait monter le liquide dans le ballon, dès-lors le métal n'étant plus en contact avec l'acide, le dégagement cesse; si l'on ouvre le robinet, le gaz sort, le niveau du liquide s'élève, le dégagement recommence, et continue sans interruption jusqu'à ce que l'on ferme de nouveau le robinet.

Pour recueillir du gaz hydrogène sous des cloches avec cet appareil, on remplace le tube à robinet par un tube recourbé, d'une longueur telle que, lorsqu'il est plongé dans la cuve à une certaine profondeur, le gaz hydrogène éprouve, de la part de la colonne de liquide, une pression plus grande que celle qu'il supporte dans le flacon. Il ne peut alors en sortir, et le métal ne touche point à l'acide; mais, en soulevant tout l'appareil de manière que le tube plonge beaucoup moins dans le liquide, la pression est moindre que dans le flacon, et le gaz hydrogène s'échappe.

---

2. *Endiomètre de* Volta, *perfectionné par M.* Gay-Lussac.

Cet instrument est disposé de telle manière, qu'il se trouve hermétiquement fermé au moment de l'explosion, et qu'il ne peut s'y produire de vide; et il réunit à cet avantage celui d'une grande simplicité, qui permet de le faire construire par-tout.

On en trouvera l'explication et un dessin dans les *Annales de Chimie*, tome IV, page 188.

---

3. *Mémoire sur la distillation de l'eau de mer et sur les avantages qui en résultent pour la navigation, par MM.* Freycinet et Clément. (Annales de Chimie, *tome IV, page* 225.)

L'appareil de MM. Freycinet et Clément se compose d'un foyer propre au charbon de terre ou au bois, d'un alambic, ou plutôt d'une petite chaudière à vapeur et de deux condensateurs. Le foyer est fumivore; il est semblable aux fours à réverbère, et la chaudière remplace le réverbère de ceux-ci. L'alambic est une chaudière cylindrique, dont le couvercle un peu bombé, seulement pour la solidité, est percé de trois ouvertures: l'une est placée au centre; elle porte un tuyau qui descend jusqu'au fond, et par lequel on verse dans la chaudière l'eau déjà échauffée par la condensation de l'eau distillée. Les deux autres ouvertures portent deux tuyaux qui conduisent les vapeurs dans les condensateurs. Ceux-ci sont des serpentins ordinaires en étain, plongés dans l'eau froide. Appareil.

La grille a 0m.,50 de longueur sur 0m.,35 de largeur; la capacité du foyer est de 50 litres. L'issue de la flamme vers la chaudière a 4 décimètres carrés. La continuation de ce canal, sous la chaudière et autour, a 6 décimètres carrés, et la section de la cheminée 10 décimètres. La chaudière a 0m.,80 de diamètre et 0m.,50 de hauteur. Le diamètre des tuyaux, pour l'issue de la vapeur, est de 0m.,04. La surface de chaque serpentin est de 6 décimètres carrés.

Produits, consommations.

L'essai de cet appareil a fait voir que la combustion de 7 litres de charbon de terre, pesant 5k.,16, produisait 38 litres d'eau distillée par heure; ainsi le rapport du poids du charbon brûlé et de l'eau obtenue est de 100 à 678, et celui du volume est de 100 à 543.

Les auteurs croient que dans un travail long-temps continué, le produit pourra s'élever à 1000 litres par 24 heures, avec une consommation de 150k. de charbon. Le *maximum* d'effet, qu'il n'est pas possible d'atteindre, serait de ne dépenser qu'environ 100k. de charbon.

Dépenses.

Pour obtenir 100 litres d'eau, les dépenses seraient de :

0,66 pour intérêt, à 12 pour $\frac{0}{0}$, du capital d'établissement, évalué à 2000 fr.;
7,50 pour 150k. de charbon;
2,50 pour main-d'œuvre;

10,66 : d'où il suit que le litre d'eau ne reviendrait qu'à un peu plus d'un centime, prix qui n'est guère que double de celui que coûte l'eau à Paris.

Il paraît que l'on ne peut rien espérer d'avantageux de la distillation dans le vide, parce que la formation de la vapeur d'eau à une basse température, et par conséquent à une faible pression, exige plus de calorique latent qu'à une haute température, à cause du volume plus considérable que la vapeur possède passagèrement. On peut espérer plus de succès par la ventilation; mais il faudra prendre en considération la dépense occasionnée par la force motrice.

L'eau distillée s'est trouvée chargée d'une odeur empyreumatique assez forte; mais elle

a perdu cette odeur par une simple exposition à l'air pendant cinq à six jours seulement, et elle est devenue alors d'une assez bonne qualité pour qu'on ne puisse plus la distinguer que difficilement de l'eau de la Seine.

MM. Freycinet et Clément entrent dans de grands détails sur les avantages de leur procédé pour des voyages de long cours; ces détails seraient ici déplacés.

---

4. *Sur les combinaisons de l'hydrogène protophosphoré et perphosphoré avec l'acide hydriodique; par M.* Houton-Labillardière. (Journal de Physique, *tome III, page* 454.)

M. Labillardière prépare l'hydrogène protophosphoré en chauffant l'acide phosphoreux obtenu par la combustion lente du phosphore dans l'air, et le gaz hydrogène perphosphoré, en faisant un mélange d'eau, de chaux et de phosphore, dans lequel ce combustible se trouve en excès. L'hydrogène protophosphoré n'abandonne pas le phosphore par le repos, et il a la propriété singulière de ne s'enflammer par le contact de l'air que lorsqu'il a été raréfié. L'analyse de ces deux gaz par le potassium prouve qu'ils contiennent chacun un volume et demi d'hydrogène. Le gaz hydrogène perphosphoré, en abandonnant du phosphore, et se transformant en gaz hydrogène protophosphoré, ne change point de volume. Gaz hydrogène protophosphoré et perphosphoré.

Pour obtenir l'acide hydriodique gazeux, on prend un tube d'un centimètre de diamètre, fermé par une de ses extrémités; on y introduit de l'iode et du phosphore, qu'on recouvre Gaz acide hydriodique.

avec du verre grossièrement pilé et humecté, et on chauffe avec la lampe à esprit-de-vin.

Combinaison de l'acide hydriodique avec l'hydrogène protophosphoré.

En faisant passer ce gaz dans un vase rempli de gaz hydrogène protophosphoré ou perphosphoré, il y a combinaison. Dans le premier cas, il se dépose sur les parois des cristaux blancs, cubiques, se volatilisant à une douce chaleur sans se fondre ni se décomposer, que l'eau, l'alcool, les acides, les bases décomposent; l'ammoniaque en dégage un volume d'hydrogène phosphoré égal à la portion d'alcali qui est absorbée; le mercure, les gaz hydrochlorique, hydrosulfurique, carbonique, l'oxigène, l'air parfaitement sec, ne leur font éprouver aucune altération. Cette substance est formée de volumes égaux de gaz hydrogène protophosphoré et d'acide hydriodique.

Hydrogène perphosphoré et acide hydriodique.

Dans le second cas, la combinaison que l'on obtient donne, par les agens qui peuvent la décomposer, du gaz hydrogène protophosphoré, du phosphore, et l'ammoniaque n'en sépare que la moitié de son volume d'hydrogène protophosphoré. Elle est formée d'un volume de gaz perphosphoré et de deux d'acide.

Moyens d'analyse.

Le meilleur moyen d'analyser ces substances est de les décomposer par l'eau qui absorbe l'acide, et laisse dégager le gaz phosphoré dont on mesure le volume. Pour doser l'acide, on le sature avec du carbonate saturé de soude, et on mesure le volume d'acide carbonique qui se dégage; ce volume équivaut exactement à celui de l'acide hydriodique absorbé.

5. *Découverte d'une terre nouvelle, à laquelle M. Berzelius a donné le nom de* Thorine. (Annales de Chimie, *tome V, page* 5.)

M. Berzelius a trouvé cette nouvelle substance, en 1815, dans quelques échantillons de la gadolinite de Korarfvet, et depuis parmi les fluates de cérium et d'yttria de Finbo; elle y est fort rare. M. Berzelius pense qu'elle est à l'état de *silicate* dans la gadolinite, et combinée à l'acide fluorique dans les minéraux de Finbo.

Pour l'extraire des minéraux de Finbo, on sépare d'abord le fer par le succinate d'ammoniaque, qui, dans ce cas, n'entraîne qu'une petite quantité de la terre. Ensuite le deutoxide de cérium est précipité par le sulfate de potasse; après quoi l'yttria et la nouvelle terre sont précipitées ensemble par l'ammoniaque. On les fait dissoudre dans l'acide muriatique; la dissolution est évaporée à siccité, et on y verse de l'eau bouillante, qui entraîne la plus grande partie de l'yttria. La portion non dissoute contient encore de l'yttria. On la fait dissoudre dans l'acide muriatique ou nitrique; on évapore, aussi exactement que possible, jusqu'à neutralité; ensuite on verse de l'eau, que l'on fait bouillir un moment. La terre étrangère est précipitée, et la liqueur retient de l'acide libre. En faisant évaporer, étendant d'eau, et faisant bouillir de nouveau, on obtient encore un précipité de cette terre. Préparation.

Pour obtenir celle que renferme la gadolinite, on dissout dans l'acide muriatique; on filtre, on sature d'ammoniaque, et on précipite par le succinate d'ammoniaque. On filtre, et on ajoute

du sulfate de potasse pour précipiter le cérium; après avoir ajouté à la liqueur du muriate d'ammoniaque pour empêcher le protoxide de manganèse de se déposer, on y ajoute de l'ammoniaque qui occasionne un précipité blanc. Ce précipité est la nouvelle terre pure ou mélangée à de l'yttria.

Propriétés. Cette terre prise sur le filtre présente une masse gélatineuse à demi-transparente. Lavée et desséchée, elle devient blanche, absorbe de l'acide carbonique et se redissout dans les acides avec effervescence. Chauffée au rouge, elle conserve sa couleur blanche; et lorsqu'elle n'a été soumise qu'à une chaleur modérée, elle se dissout très-aisément dans l'acide muriatique; mais, plus fortement calcinée, elle ne peut être dissoute qu'à l'aide de la chaleur de l'eau bouillante dans l'acide muriatique concentré. Cette dissolution est jaunâtre; mais, étendue d'eau, elle perd sa couleur, comme il arrive d'ordinaire à la glucine, à l'yttria et à l'alumine. Si la terre est mêlée d'yttria, elle se dissout plus aisément après avoir passé au feu. Les dissolutions neutres de cette terre ont une saveur purement astringente, qui n'est ni sucrée, ni saline, ni amère, ni métallique; en quoi elle diffère de toutes les autres espèces de terres, hors la zircone.

Dissoute dans l'*acide sulfurique* avec un petit excès d'acide, et soumise à l'évaporation, elle forme aisément des cristaux transparens, qui ne s'altèrent pas à l'air, et dont la saveur est fortement astringente. L'eau mère acide qui reste après la formation de ces cristaux ne retient que fort peu de terre. Les cristaux, exposés à l'action de l'eau, en sont lentement décomposés; la

dissolution se trouble, il se précipite un sulfate avec excès de base, et la liqueur contient un sulfate avec excès d'acide. Cette dissolution bouillie ne donne aucun précipité. Si la dissolution du sel cristallisé se fait en plein repos, la partie non dissoute, avec excès de base, conserve la forme des cristaux; mais le moindre mouvement la réduit en poudre. La dissolution acide de ce sulfate, mêlée de sulfate de potasse jusqu'à saturation, ne donne aucun précipité. Il ne s'en forme pas même lorsqu'on verse du sulfate de potasse dans du muriate de cette terre. Si la liqueur est chauffée à l'ébullition, il se précipite une portion de la terre à l'état de sous-sulfate, et il en reste une partie dans la liqueur, qui peut être précipitée par l'ammoniaque caustique.

Cette terre se dissout très-aisément dans l'*acide nitrique;* mais après avoir été calcinée au rouge, elle ne peut être dissoute qu'à l'aide de l'ébullition. La dissolution ne cristallise pas; elle produit une masse gommeuse, qui, laissée à l'air, devient plus liquide, et qui, évaporée à la chaleur du bain de sable, donne pour résidu une masse blanche, opaque, semblable à l'émail, presque insoluble dans l'eau. La dissolution de nitrate de la nouvelle terre dans l'eau est un sel neutre qui se trouble par l'ébullition, laquelle précipite la majeure partie de cette terre. Les dissolutions même qui ont un petit excès d'acide la laissent déposer, si elles sont étendues d'eau et chauffées à l'ébullition. Une légère calcination de ce nitrate laisse à la terre sa couleur blanche, de sorte qu'on n'y découvre aucun indice d'un plus haut degré d'oxidation.

La nouvelle terre se dissout dans l'*acide muriatique* de la même manière que dans l'acide nitrique. La dissolution ne cristallise pas. Evaporée à une chaleur modérée, elle est convertie en une masse sirupeuse, qui, exposée à l'air, n'est pas déliquescente, mais qui, au contraire, se dessèche, devient blanche, semblable à l'émail, et ne se dissout ensuite dans l'eau qu'en très-petite quantité, laissant un sel avec excès de base; de sorte qu'elle abandonne, par une évaporation spontanée, la portion d'acide muriatique qui la rendait soluble dans l'eau. Une dissolution pas trop acide de ce muriate, étendue d'eau et bouillie, dépose la plus grande partie de la terre, sous forme d'une masse gélatineuse, légère et demi-transparente. Une dissolution de cette terre dans l'acide muriatique ou nitrique, évaporée à une forte chaleur, laisse sur les parois du vase une couche blanche et opaque, semblable à l'émail, qui paraît sur-tout aisément lorsqu'on fait passer de la solution sur les parois du verre. C'est là un signe très-caractéristique de cette terre; et je ne sache pas qu'il soit commun à d'autres substances, si ce n'est aux dissolutions de phosphate de fer dans l'acide nitrique, qui encore ne présente pas ce phénomène dans un degré aussi éminent; et j'ai pu assez bien connaître d'avance, à cette couche émaillée, si le minéral que j'analysais contenait ou non la nouvelle terre. Ce signe est cependant moins visible lorsqu'elle se trouve mêlée avec une grande quantité d'yttria et de protoxide de cérium.

Cette terre se combine avidement avec l'*acide carbonique*. Les précipités produits par l'ammo-

niaque caustique ou par l'ébullition de la solution neutre, absorbent, en se desséchant, l'acide carbonique de l'air. Les carbonates alcalins précipitent la terre avec la totalité de leur acide carbonique.

L'*oxalate d'ammoniaque* donne un précipité blanc, volumineux, insoluble dans l'eau, ainsi que dans les alcalis caustiques.

Le *tartrate d'ammoniaque* y produit un précipité blanc qui se redissout, et ne devient permanent que lorsqu'on y a ajouté une suffisante quantité de ce sel. Ce précipité se dissout dans l'ammoniaque caustique. L'ébullition en chasse l'ammoniaque; mais la terre ne se précipite que lorsque la liqueur a été concentrée jusqu'à un certain degré par l'évaporation. Elle se dépose alors sous forme d'une masse gélatineuse, presque transparente.

Le *citrate d'ammoniaque* ne donne aucun précipité, pas même lorsqu'on y ajoute de l'ammoniaque caustique; mais si la liqueur est ensuite chauffée à l'ébullition, la terre se précipite à mesure que l'ammoniaque s'évapore. Ce précipité est analogue à ceux qui sont produits par l'ébullition dans les autres solutions neutres de cette terre.

Le *benzoate d'ammoniaque* y produit un précipité blanc volumineux.

Le *succinate d'ammoniaque* y cause un précipité qui se redissout tout de suite. Si l'on en ajoute une assez grande quantité pour que le précipité ne se dissolve plus, et qu'on essaie de le dissoudre en y versant de l'eau, il se décompose; une grande partie reste sans se dissoudre, sous forme d'un sel avec excès de base,

tandis que la liqueur contient la majeure partie de l'acide avec une petite portion de la terre.

Le *prussiate de potasse ferrugineux*, versé dans sa dissolution, la précipite en blanc. Ce précipité se dissout complétement dans l'acide muriatique.

Lorsque la terre est nouvellement précipitée, la potasse et l'ammoniaque caustique n'ont pas d'action sur elle, même à la chaleur de l'eau bouillante.

Les dissolutions de carbonate de potasse ou d'ammoniaque en dissolvent une petite quantité, qui se précipite de nouveau lorsque le liquide est saturé d'acide, et ensuite neutralisé par l'ammoniaque caustique. Cette terre est bien moins soluble dans les carbonates alcalins qu'aucune des terres précédemment connues, qui y sont solubles.

Une portion de cette terre fut exposée, dans un creuset de charbon, au degré de chaleur employé pour la réduction du tantale, et le feu fut soutenu pendant une heure. Lorsqu'elle en fut retirée, il ne parut pas qu'elle eût subi d'autre altération que de s'être contractée et d'avoir acquis un peu de transparence, ayant été peut-être près d'entrer en fusion. Il n'y eut aucun indice de réduction, et la terre fut dissoute par l'ébullition dans l'acide muriatique. Comme il est aujourd'hui généralement reconnu que les bases salifiables sont des oxides métalliques, il peut être indifférent que l'on dise terre ou oxide de métal; mais les substances étant divisées en alcalis, terres et oxides métalliques, il paraît que la méthode la plus juste est d'attacher chaque nouvel anneau de la chaîne des oxides à ceux

avec lesquels il a le plus d'analogie; et comme les terres se distinguent particulièrement par la propriété qu'elles ont d'être incolores, et de ne pouvoir être réduites par le charbon sans le secours d'un métal étranger, je considère la substance qui vient d'être décrite comme appartenant particulièrement à la classe des terres.

Quoique les expériences dont je viens de rendre compte ne puissent certainement être considérées que comme des essais préliminaires servant à faciliter un examen plus complet de cette terre, lorsqu'on en aura trouvé une plus grande quantité, il m'a paru cependant qu'il lui fallait un nom pour qu'on la pût désigner aisément. Une partie de ces expériences ayant été faite à Fahlun, dans le laboratoire de M. Gahn, nous avions coutume de l'appeler entre nous *thorine*, du nom de *Thor*, anciennement divinité scandinave; et il me semble qu'on pourrait lui conserver provisoirement ce nom.

La thorine ne se fond pas à la flamme du chalumeau; elle entre en fusion avec le borax, et forme un verre transparent, qui, exposé de nouveau à la flamme extérieure, devient opaque et laiteux. Elle est dissoute par le phosphate de soude et d'ammoniaque, avec lequel elle forme une perle transparente. Elle est insoluble avec la soude. Imbibée d'une solution de cobalt, elle acquiert une couleur d'un gris brun.

Elle diffère des autres terres par les propriétés suivantes :

De l'*alumine*, par son insolubilité dans la potasse caustique; de la *glucine*, par la même propriété; de l'*yttria*, par sa saveur purement astringente et point sucrée, ainsi que par la

propriété que possèdent ses dissolutions d'être précipitées par l'ébullition lorsqu'elles n'ont pas un trop grand excès d'acide. Elle diffère de la *zircone* en ceci : 1°. elle est susceptible de se dissoudre dans les acides, après avoir été calcinée au rouge; 2°. le sulfate de potasse ne peut pas la précipiter de ses dissolutions, au lieu qu'il précipite la zircone, même de ses dissolutions très-acides; 3°. elle est précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, ce qui n'arrive pas à la zircone; 4°. le sulfate de thorine cristallise aisément, tandis que celui de zircone, s'il est libre d'alcalis, forme, en se desséchant, une masse gommeuse et transparente, où l'on n'observe aucun signe de cristallisation.

Comme la thorine a plus d'analogie avec la zircone qu'avec aucun autre corps, et que ces deux terres se trouvent à Finbo, il ne sera pas inutile de faire ici un parallèle entre plusieurs de leurs propriétés.

Thorine.	*Zircone.*
La saveur des solutions neutres est purement astringente.	Tout-à-fait semblable.
Cristallise aisément avec l'acide sulfurique. Les cristaux sont décomposés par l'eau.	Ne cristallise pas, devient gommeuse; et long-temps exposée à une chaleur modérée, elle devient blanche, opaque, saline; elle est déliquescente à l'air, mais se trouble lorsqu'on y verse de l'eau, si la dissolution n'est pas très-acide. Le sel desséché peut supporter une chaleur modérée sans se décomposer, hors une très-petite partie.
La dissolution muriatique donne un précipité à l'ébul-	La dissolution muriatique est précipitée par l'ébullition.

Thorine.	*Zircone.*
lition. Ce précipité est volumineux, translucide, gélatineux. Le muriate de thorine est incristallisable.	Ce précipité consiste en une poudre pesante, blanche, opaque. Le muriate de zircone cristallise à l'évaporation.
La dissolution nitrique laisse précipiter, à l'ébullition, une terre gélatineuse.	Tout-à-fait semblable.
Les succinates, benzoates et tartrates alcalins produisent des précipités dans les dissolutions de thorine. Le précipité produit par les tartratres alcalins est dissous par l'hydrate de potasse.	Tout-à-fait semblable.
Les citrates ne produisent aucun précipité; mais la liqueur en donne à l'ébullition.	Les citrates alcalins ne donnent aucun précipité. La liqueur ne se trouble pas à l'ébullition.
L'oxalate d'ammoniaque précipite la thorine de sa dissolution dans l'acide sulfurique.	L'oxalate d'ammoniaque ne cause aucun précipité ni trouble dans une dissolution de sulfate de zircone.
Le sulfate ou muriate de thorine, dissous dans l'eau et mêlé de sulfate de potasse jusqu'à la saturation de la liqueur, ne donne aucun précipité.	Un sel de zircone, dissous dans l'eau et mêlé de sulfate de potasse jusqu'à la saturation de la liqueur, est entièrement précipité. Si cela a lieu à froid, le précipité est soluble dans l'eau pure.
La thorine est insoluble dans l'hydrate de potasse.	De même.
Est dissoute par les carbonates alcalins.	De même, mais en bien plus grande quantité.
Devient, par la calcination, difficile à dissoudre.	Calcinée au feu rouge, elle devient insoluble.

Ces deux terres présentent les mêmes phénomènes dans les expériences faites avec le chalumeau (1).

---

(1) J'ai lu quelque part que la zircone donnait une couleur bleue avec la dissolution de cobalt, et j'espérais avoir par-là

J'ai lieu de croire que la thorine, dans le minéral de Korarfvet que j'ai examiné, était à l'état de silicate, semblable à la gadolinite, mais que celle trouvée à Finbo était combinée à l'acide fluorique.

---

6. *Nouveau procédé pour préparer l'alumine, par M.* Gay-Lussac. (Annales de Chimie, *tome V, page* 101.)

On prépare ordinairement l'alumine pure, en décomposant l'alun par l'ammoniaque ou la potasse, et en lavant le précipité jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus les dissolutions de baryte. Ce procédé demande beaucoup de temps, à cause de la lenteur avec laquelle l'alumine se dépose; et il est rare qu'on obtienne cette terre très-blanche et dans un grand état de division.

Ces difficultés ont empêché jusqu'à présent d'employer l'alumine, et c'est peut être rendre un service aux arts que d'indiquer un moyen prompt et facile de l'obtenir parfaitement pure, et en aussi grande quantité qu'on peut le désirer.

Ce moyen consiste à prendre de l'alun à base d'ammoniaque, que l'on trouve aujourd'hui en abondance dans le commerce : on commence par le calciner pour le dépouiller de son eau de cristallisation, et on le décompose ensuite dans un creuset à une forte chaleur rouge. L'acide

---

un moyen facile de distinguer ces deux terres; mais cela n'arrive que lorsque la zircone contient de l'alcali. Telle qu'on l'obtient du sulfate pur de zircone, moyennant l'expulsion de l'acide par un feu ardent, cette terre n'entre pas en fusion et ne devient pas bleue avec le cobalt, mais bien d'un gris brun.

sulfurique et l'ammoniaque se dégagent, et l'alumine seule reste dans le plus grand état de pureté.

Cette terre, ainsi préparée, est très-blanche, douce au toucher et d'une ténuité extrême; elle se lie bien avec l'eau, mais elle l'abandonne par une douce chaleur, et reprend ses propriétés, comme M. Saussure l'a déjà remarqué. Sa grande division et la dureté de ses molécules pourront la rendre propre à lustrer les métaux; sa blancheur permettra peut-être aussi de l'employer dans la fabrication des couleurs.

---

7. *Expériences sur les combinaisons du soufre avec les alcalis, et particulièrement avec la potasse, pour savoir en quel état se trouve l'alcali dans la combinaison; par M.* Vauquelin. (Annales de Chimie, *tome VI, p.* 5.)

Sulfure de potasse.

Lorsqu'on chauffe un mélange de huit parties de sous-carbonate de potasse fondu et pur avec six parties de soufre, il ne se sublime que très-peu de soufre; il se dégage de l'acide caboniqué et un peu d'hydrogène sulfuré, qui paraît provenir d'un peu d'eau adhérente au carbonate alcalin. Le sulfure formé, délayé dans l'eau, donne un précipité abondant de sulfate de baryte par le nitrate de baryte; le traitant par l'acide acétique, il se dépose du soufre, il se dégage de l'hydrogène sulfuré, et le nitrate de baryte précipite de la liqueur la même quantité de sulfate de baryte que de la dissolution aqueuse; d'où il résulte qu'il ne se forme point d'acide sulfurique au moment où l'on décompose un sulfure alcalin par un acide.

Le soufre et la baryte caustique, chauffés en-

semble, donnent un sulfure qui produit beaucoup de sulfate de baryte lorsqu'on le dissout dans l'eau. Dans le sulfure de potasse, le quart du soufre employé est converti en acide hydro-sulfurique, et le douzième en acide sulfurique.

La quantité d'acide sulfurique formé est telle qu'elle peut être engendrée par l'oxide de la portion de potasse qui n'est point combinée à cet acide; et il paraît que la quantité d'acide qui se forme suit à-peu-près la quantité de soufre qui entre dans les sulfures; car cent parties de sulfure de potasse, qui renferment 52,7 de soufre, ont fourni 4,72 d'acide sulfurique; et cent de sulfure de baryte, où il n'y a que 34,5 de soufre, n'ont fourni qu'environ 2,8 de sulfate de baryte.

Sulfure de potassium.

Lorsqu'on combine le potassium parfaitement pur avec du soufre, le sulfure est très-foncé en couleur; sa dissolution est alcaline; elle donne lieu à un hydrosulfure sulfuré, et ne fournit aucun précipité par le nitrate de baryte. « D'après cela, il paraît vraisemblable que, dans les sulfures faits avec les alcalins, ceux-ci sont unis au soufre à l'état métallique, et que les sulfates qu'on trouve dans leurs dissolutions étaient formés auparavant. »

M. Vauquelin a trouvé que le sulfure de potasse doit contenir :

Potasse	0,473
Soufre	0,527

L'argent en limaille, chauffé avec le sulfure de potasse dans une cornue de verre, s'empare des trois quarts du soufre contenu dans le sulfure, et il n'en laisse au potassium que la quantité nécessaire pour former un hydrosulfure de

potasse en le dissolvant dans l'eau. Dans les mêmes circonstances, le cuivre s'empare de tout le soufre contenu dans le sulfure de potasse.

Une dissolution de sulfure de potasse, de laquelle on a séparé l'acide sulfurique par le nitrate de baryte en excès, exposée à l'air, dépose du soufre, se décolore complétement, et perd son odeur; elle se change en sulfite sulfuré, et ne renferme point d'acide sulfurique.

Sulfite sulfuré de potasse.

Le sulfite sulfuré est décomposé à une chaleur rouge, et il se forme un sulfure tout-à-fait semblable au sulfure de potasse fait directement, et un sulfate. Le soufre n'exerce aucune action sur cette substance.

Hydrosulfure de potasse.

L'hydrosulfure de potasse pur, obtenu en faisant passer un courant de gaz hydrogène sulfuré dans une dissolution de potasse pure, peut être desséché sans décomposition et sans qu'il se forme d'acide sulfurique. Cet hydrosulfure, lorsqu'on le distille à une chaleur rouge, laisse dégager de l'eau, se fond, et se change partie en carbonate et partie en hydrosulfure sulfuré. Au même degré de chaleur il est décomposé par le soufre, qui en expulse complétement l'hydrogène sulfuré.

Hydrosulfure sulfuré de potasse.

Les dissolutions d'hydrosulfure sulfuré de potasse sont colorées en jaune; les acides en précipitent beaucoup de soufre. La limaille de cuivre les décolore et les fait passer à l'état d'hydrosulfure simple; la limaille d'argent et le mercure produisent le même effet, mais il reste une portion du mercure en dissolution dans l'hydrosulfure; ce qui n'a pas lieu pour le cuivre et l'argent.

Le fer, le bismuth, l'antimoine et le plomb

ne décolorent point complétement l'hydrosulfure sulfuré de potasse.

Sulfate de potasse et charbon.

Le sulfate de potasse, chauffé dans un creuset de platine avec un $\frac{1}{5}$ de son poids de charbon, se convertit en sulfure de potassium ; le creuset est un peu attaqué. Ce sulfure s'enflamme lorsqu'on l'humecte. Sa dissolution dans l'eau ne donne qu'un léger dépôt de soufre par les acides, et aucun précipité par les sels de baryte. Elle est à l'état d'hydrosulfure simple. Ce résultat est d'accord avec l'observation faite par M. Vauquelin, que la quantité de soufre dans l'hydrosulfure de potasse peut, par la combustion, donner naissance à une quantité d'acide suffisante pour saturer sa base et la convertir en sulfate de potasse.

Sulfure de soude.

Le sous-carbonate de soude desséché, traité avec le soufre comme le sous-carbonate de potasse, donne un sulfure qui est composé de :

Soude..................	0,38
Soufre..................	0,62

Ce sulfure, d'un brun très-foncé, dissous dans l'alcool absolu, laisse un résidu qui paraît être un sulfite sulfuré mêlé de sulfate, et coloré en vert par un peu de sulfure de fer. Sa dissolution alcoolique est d'un rouge très-foncé, et il paraît que le sulfure de soude décompose une portion de l'alcool dans lequel il a été dissous.

Sulfure de chaux.

En chauffant de la chaux et du soufre en parties égales dans une cornue, on obtient un sulfure jaune-paille ou brun, inodore, peu fusible, composé de :

Chaux..................	0,74
Soufre..................	0,26

Il faut plus de 500 parties d'eau bouillante pour le dissoudre ; la liqueur est incolore, al-

caline, et renferme de l'hydrosulfure et du sulfate de chaux.

Si l'on fait bouillir cinq parties de chaux, deux parties de soufre et cent parties d'eau, il se forme un sulfure de chaux différent du précédent, et qui renferme :

Chaux...................	0,60
Soufre...................	0,40

La chaux et le soufre y sont, à peu de chose près, dans le rapport convenable pour former du sulfate par la combustion.

Si l'on fait bouillir le sulfure de chaux, fait par la voie sèche, avec de l'eau et du soufre, il absorbe une quantité de ce combustible égale à celle qu'il contient, et devient absolument semblable au sulfure de chaux préparé par la voie humide. La dissolution de ce dernier ne contient point d'acide sulfurique; les acides en précipitent le soufre, et développent une odeur très-sensible d'hydrogène sulfuré.

M. Vauquelin admet la décomposition de l'eau par l'action simultanée des oxides alcalins et du soufre; car il ne croit pas que la totalité de l'hydrogène qui se trouve dans les hydrosulfures soit formée par le soufre, quoiqu'il soit disposée, d'après les expériences, à y admettre une petite quantité de ce corps, ainsi que l'a déjà pensé M. Berthollet.

En comparant les quantités de soufre et d'acide sulfurique qui saturent les bases alcalines, on voit que :

1°. 100p. de sulfate de baryte contiennent. 0,34 d'acide,
et 100 de sulfure de baryte.................. 0,34,5 de soufre;
2°. 100p. de sulfate de chaux contiennent. 0,58 d'acide,
et 100 de sulfure de chaux par voie humide. 0,63 de soufre;

3°. 100 p. de sulfate de soude contiennent. 0,64 d'acide,
et 100 de sulfure de soude. . . . . 0,62 de soufre;
4°. 100 p. de sulfate de potasse contiennent. 0,47 d'acide,
et 100 de sulfure de potasse. . . . . 0,5217 de soufre;

Il est probable que la quantité d'acide indiquée dans le sulfate de potasse est trop faible; elle devrait être de 0,52, d'après la quantité d'oxigène contenue dans la potasse.

Sulfure d'ammoniaque. Lorsqu'on distille dans un appareil convenable un mélange d'une partie de chaux vive, une partie de muriate d'ammoniaque desséchée et une demi-partie de soufre, on obtient une liqueur d'un jaune-brun, d'une consistance huileuse, d'une odeur fétide et ammoniacale, et répandant dans l'air des vapeurs blanches; cette liqueur ne contient ni acide sulfurique, ni acide sulfureux : pendant l'opération, il ne se dégage pas de gaz azote.

Si, au lieu de muriate d'ammoniaque, on emploie du sulfate d'ammoniaque, il se dégage de l'ammoniaque sans mélange d'azote, il se sublime beaucoup de soufre, et il passe dans le récipient, en petite quantité, un liquide jaunâtre qui paraît être du sulfite sulfuré mêlé de fort peu d'hydrosulfure.

D'après cela, M. Vauquelin est porté à croire que, dans la première opération, l'hydrogène est formé par l'acide muriatique, et qu'en même temps qu'il se produit de l'hydrosulfure d'ammoniaque, il doit se former du chlorure de calcium et du sulfate de chaux.

M. Vauquelin résume ainsi les connaissances qu'il établit dans son mémoire :

1°. Les quantités de soufre qui se combinent aux oxides alcalins sont proportionnelles aux

quantités d'oxigène auxquelles leurs métaux peuvent s'unir, ce qui établit une parité parfaite entre le soufre et les acides à cet égard;

2°. La quantité de soufre dans les sulfures, excepté celui de chaux par la voie sèche, est absolument la même que celle de l'acide sulfurique dans les sulfates correspondans;

3°. Le sulfure de chaux exerce sur le soufre une affinité moins grande que les autres sulfures, puisqu'en se dissolvant dans l'eau il forme constamment un hydrosulfure simple; les autres donnent toujours naissance à des hydrosulfures sulfurés, ce qui dépend peut-être de la différence de la fusibilité;

4°. Le sulfure de soude et sans doute celui de potasse paraissent décomposer l'alcool en absorbant l'oxigène et l'hydrogène, et mettant son carbone à nu;

5°. Les doses de soufre prescrites par les dispensaires de pharmacie, pour préparer les sulfures de potasse et de soude, sont beaucoup trop petites, puisqu'elles ne sont que la moitié de celles des sous-carbonates, tandis que ces doses doivent être à-peu-près égales pour obtenir des sulfures sulfurés;

6°. Il paraît résulter de mes expériences la preuve de l'influence de l'acide hydrochlorique dans la formation du sulfure d'ammoniaque, à l'aide de son hydrogène;

7°. Certains sulfates métalliques sont décomposés et convertis en sulfures par le soufre, à l'aide de la chaleur;

8°. Le charbon, à une haute température, décompose la potasse du sulfate de cette base, et convertit celui-ci en sulfure de potassium;

9°. Il est probable, *mais non encore démontré*, que, dans tous les sulfures faits avec les oxides alcalins à une chaleur rouge, ces derniers perdent leur oxigène, et sont unis au soufre à l'état métallique, comme cela a lieu dans les autres sulfures.

---

8. *Mémoire sur les combinaisons du soufre avec les alcalis; par M.* J. L. Gay-Lussac. (Annales de Chimie, *tome VI, page* 321.)

M. Gay-Lussac ayant examiné, depuis plusieurs années, ce qui se passe dans la dissolution par l'eau d'un sulfure fait à une douce chaleur, avait été conduit à ce résultat, qu'il ne se forme jamais d'acide sulfurique, mais de l'acide sulfureux ou hyposulfureux, et qu'on n'obtient qu'un sulfite ou un hyposulfite. (*Annales de Chimie*, tome LXXVIII, page 86.)

Il s'était proposé de donner un peu plus tard un travail très-étendu sur les combinaisons du soufre; mais il en a été détourné par d'autres occupations. Pour le moment, il s'attache principalement à examiner la question de savoir si, dans les sulfures alcalins faits à une chaleur rouge, l'alcali est uni au soufre à l'état métallique.

Sulfures. Si on chauffe dans un matras un mélange de parties égales de potasse à l'alcool et de soufre, jusqu'à ce que la combinaison paraisse opérée; on obtient un sulfure d'un rouge brun, qui se dissout entièrement dans l'eau; qui ne précipite point par le chlorure de barium; si l'on ajoute un acide, le chlorure de barium forme un précipité quand la liqueur est concentrée, et n'en forme aucun lorsque celle-ci est étendue. Ce

précipité est de l'hyposulfite de baryte (sulfite sulfuré). L'acide sulfurique, que l'on trouve dans le sulfure fortement chauffé, a donc été formé avant la dissolution de ce sulfure dans l'eau.

A une température peu élevée, le soufre forme avec les alcalis des sulfures d'oxide. Quand on dissout ces derniers dans l'eau, il peut arriver qu'ils ne se décomposent point ou qu'ils se changent en hyposulfites d'oxide et en sulfures métalliques, ou bien en hyposulfites et en hydrosulfates d'oxide. A une température élevée, ces hyposulfites ne pourraient se former; car ces sels se décomposent aisément par la chaleur, et on obtiendrait des sulfates et des sulfures. Enfin, si ces sulfates ne pouvaient supporter une température élevée sans se décomposer, il résulterait de l'action du soufre sur les oxides, des sulfures et de l'acide sulfureux.

L'action du soufre est analogue à celle du chlore, qui, à la température ordinaire, forme des chlorures d'alcali, lesquels se changent ensuite en chlorures et en chlorates. Si l'on faisait arriver le chlore à la température rouge sur les alcalis, il se formerait des chlorures et il se dégagerait de l'oxigène, et il ne se forme point de chlorates, parce que ces sels sont décomposés par la chaleur. Chlorures.

Quand on dissout le sulfure de potasse dans l'eau, on peut faire les deux suppositions que l'oxigène est fourni au soufre par l'alcali ou par l'eau. Dans chacune d'elles la quantité d'acide hyposulfureux est la même; et comme cet acide est composé d'une proportion de soufre et d'une proportion d'oxigène, l'alcali se divise en deux parties égales. On obtient dans la première sup-

position une proportion d'hyposulfite de potasse et une proportion de sulfure de potassium; et dans la seconde une proportion d'hyposulfite et une proportion d'hydrosulfate de potasse. Les sulfures faits à une haute température ne donnent point d'hyposulfites.

Phosphures. L'analogie entre les phosphures et les sulfures n'est pas complète. M. Gay-Lussac a formé un phosphure de baryte par les procédés ordinaires, et il l'a exposé à une température élevée dans une atmosphère d'hydrogène. Ce phosphure, jeté dans l'eau, a donné en abondance du gaz hydrogène perphosphoré, et il s'est formé du phosphate et de l'hydrophosphite de baryte. Cette différence tient à ce que l'hydrogène phosphoré n'a point, comme l'hydrogène sulfuré, la propriété de saturer les bases. Au moment du contact avec l'eau, le barium s'oxide et détermine la décomposition d'une nouvelle partie d'eau pour former l'acide hypophosphoreux qui doit la saturer. Aussi le phosphure de potassium donne beaucoup plus d'hydrogène phosphoré, qu'il ne serait possible d'en former avec l'hydrogène provenant de l'eau qu'il décompose pour l'oxider.

En faisant agir le phosphore sur un oxide alcalin à une basse température, il se forme en même temps du phosphate et de l'hypophosphite. Il n'est pas encore démontré que le phosphore, à une haute température, forme avec les oxides alcalins des phosphures métalliques et des phosphates.

Arsenic et potasse. L'arsenic, chauffé avec une dissolution concentrée de potasse, donne naissance à de l'hydrogène arseniqué et à de l'arseniate de potasse;

probablement parce que l'acide arsenique est la seule combinaison de l'arsenic avec l'oxigène, qui sature la potasse.

---

9. *Précautions à prendre dans l'emploi de l'alcool pour les analyses, par M.* Grotthuss. (Journal de Sweigger, *tome XVIII, p.* 112; Annales de Chimie, *tome IV, page* 366.)

Si l'on fait bouillir, avec de l'alcool, un mélange de sulfate de magnésie et de chlorure de sodium desséchés, on trouve, dit M. Grotthuss, que la liqueur contient du chlorure de magnésium en dissolution. En réitérant cette opération un certain nombre de fois, on n'a en dernier résultat, si la proportion des sels employés est convenable, que du sulfate de soude et du chlorure de magnésium. Maintenant, si l'on dissout ces deux derniers sels dans l'eau, par l'évaporation, on reproduit du sulfate de magnésie et du chlorure de sodium. Un mélange de sulfate de chaux et de chlorure de sodium donne aussi, quand on le traite par l'alcool, du chlorure de calcium et du sulfate de soude. Il est, d'après cela, plus que probable que le sulfate de soude et le chlorure de magnésium, obtenus par les chimistes dans l'analyse des eaux minérales, ont été formés lors du traitement du résidu salin par l'alcool, et qu'ils n'existaient point primitivement dans les eaux (1).

---

(1) Les expériences suivantes, qui ont été faites au laboratoire de l'école des mines, confirment les résultats annoncés par M. Grotthus.

1°. 4g. de muriate de magnésie desséché, et parfaitement pur, ont été mêlés avec 16g. de sulfate de soude cristallisé, et également pur. Le mélange contenait plus de magnésie qu'il

M. Gay-Lussac observe que, d'après la loi de M. Bertholet sur la décomposition mutuelle des

---

n'en fallait pour saturer l'acide sulfurique. Le tout a été dissous, et la liqueur évaporée à une douce chaleur jusqu'à siccité. On distinguait dans le résidu la saveur du muriate de soude; on l'a lavé avec une petite quantité d'eau, décanté et évaporé l'eau de lavage. Ce résidu ne paraissait pas être déliquescent. Chacun des dépôts salins a été tenu en digestion, pendant quelque temps, dans une grande quantité d'alcool à une douce chaleur; puis on les a filtrés et lavés avec de l'alcool. Les sels restans ayant été dissous dans l'eau, on a reconnu qu'ils contenaient encore de l'acide muriatique et beaucoup de magnésie. Les liqueurs alcooliques ont été distillées; chacune a produit une matière saline, composée de muriate de magnésie et de muriate de soude sans sulfates. On les a réunies et traitées par le huitième au plus de la quantité d'alcool qui avait été primitivement employée; il est resté un sel blanc, d'une saveur franche et agréable, qui ne contenait pas un atome de magnésie, et qui avait tous les caractères de magnésie parfaitement pure.

2°. 5g. de muriate de soude cristallisé, et absolument pur, ont été mêlés à 10g. de sulfate de magnésie cristallisé et pur; le mélange contenait assez d'acide muriatique pour saturer toute la magnésie. Le tout a été dissous dans l'eau, et la liqueur évaporée; puis on a traité le résidu par l'alcool comme dans l'expérience précédente. La matière non dissoute retenait beaucoup de magnésie et une petite quantité d'acide muriatique. Les liqueurs alcooliques contenaient du muriate de magnésie et du muriate de soude; et une petite quantité d'alcool a suffi pour séparer ces deux sels l'un de l'autre.

Ainsi l'alcool a agi sur le second mélange comme sur le premier.

On doit conclure de ces expériences: 1°. que par l'évaporation le muriate de magnésie et le sulfate de soude se décomposent, et donnent du sulfate de magnésie et du muriate de soude. 2°. Que lorsque l'alcool agit sur un mélange de ces deux derniers sels, il se sature de muriate de soude et dissout du muriate de magnésie, dont sa présence détermine la formation, mais que le résidu renferme beaucoup de sulfate de magnésie, et que par conséquent, pour opérer de cette manière la décomposition de ce sel, il faut employer

sels, et d'après tous les faits connus, on ne peut pas admettre que les sels existent dans leurs dissolvans tels qu'on les obtient par l'évaporation, et que tant que ces sels sont en dissolution dans une quantité de liquide, il est indifférent de considérer leurs élémens, combinés dans tel ordreque ce soit. Il en conclut que, pour imiter une eau minérale, on peut prendre indifféremment ou les sels qu'un moyen particulier d'analyse y démontre immédiatement, ou ceux qu'on peut former en combinant leurs élémens.

---

10. *Formule générale pour l'analyse des eaux minérales, par M.* John Murray. (Transactions de la Société d'Edimbourg. 1817.)

Après s'être livré à des considérations générales que nous croyons inutile de rapporter, et desquelles l'auteur n'a pas de peine à conclure que, de toutes les méthodes d'analyse des eaux minérales, la meilleure est celle qui consiste à doser les acides et les bases, il expose ainsi sa formule générale, applicable aux eaux qui contiennent des carbonates, des sulfates et des muriates de chaux, de magnésie et de soude, ou seulement une partie de ces substances.

Rapprochez presque jusqu'au point de faire cristalliser; ajoutez à la liqueur une dissolution saturée de muriate de baryte aussi long-temps 1re. Méthode.

---

un grand excès de muriate de soude et une quantité considérable d'alcool, et qu'ainsi on ne peut reproduire, au moyen de ce véhicule, tout le muriate de magnésie et le sulfate de soude qui ont été mélangés dans une dissolution, etc. 3°. Que le muriate de soude ne s'oppose nullement à la dissolution du muriate de magnésie dans l'alcool. 4°. Et enfin que quand en n'employant qu'une petite quantité d'alcool on obtient beaucoup de muriate de magnésie d'un mélange, c'est que ce mélange en contenait réellement. (*P. B.*)

qu'il y a précipité, ayant soin de n'en pas mettre en excès. Le précipité contiendra du carbonate et du sulfate de baryte, qu'il sera facile de séparer. Ajoutez ensuite une dissolution saturée d'oxalate d'ammoniaque aussi long-temps qu'il sera nécessaire pour précipiter toute la chaux. Calcinez au rouge le précipité, traitez-le par l'acide sulfurique, et calcinez de nouveau : ce sera du sulfate de chaux, dont vous déduirez le poids de la chaux.

Moyen de précipiter la magnésie.

Chauffez la liqueur filtrée jusqu'à 38 à 40°, et, s'il est nécessaire, faites-la réduire par évaporation; alors ajoutez-y une solution de carbonate d'ammoniaque, et versez-y immédiatement une forte solution d'acide phosphorique ou de phosphate d'ammoniaque; continuez cette addition successive, de manière à conserver un excès d'ammoniaque dans la liqueur aussi long-temps qu'il y a quelque chose de précipité. Lavez le précipité, chauffez à une chaleur qui n'excède pas 40°, c'est du phosphate d'ammoniaque et de magnésie contenant 0,19 de cette terre; mais il vaut mieux, pour plus d'exactitude, le convertir en phosphate de magnésie, en le calcinant pendant une heure à une chaleur rouge : 100 parties de ce sel en contiennent 39,7 de magnésie (1).

Faites évaporer jusqu'à siccité la liqueur qui reste après les opérations précédentes, et la masse étant sèche, chauffez-la aussi long-temps

(1) C'est M. Wollaston qui a imaginé ce moyen de précipiter la magnésie; il emploie le phosphate de soude. M. Murray a remplacé celui-ci par le phosphate d'ammoniaque, par l'acide phosphorique, pour ne pas introduire de soude dans la liqueur. On ne pourrait se servir d'acide phosphorique sans ammoniaque, parce que le phosphate simple de magnésie est sensiblement soluble.

qu'il s'en exhale des vapeurs ; chauffez-la même jusqu'au rouge : vers la fin la matière restante sera du muriate de soude pure ; dont 100 parties renferment 53,3 de soude et 46,7 d'acide muriatique.

Quant à cet acide, le muriate de soude n'en donne pas la mesure exacte, parce que si l'eau contenait des muriates terreux, il a dû s'en volatiliser une partie en combinaison avec l'ammoniaque, et qu'au contraire, s'il y a du carbonate et du sulfate, il a dû se former du muriate de soude par la décomposition de ces sels, au moyen du muriate de baryte. Pour en apprécier la vraie quantité, on combine, conformément aux proportions connues de leurs composés binaires, les quantités des bases et des acides qu'on a pu se procurer ; la quantité d'acide nécessaire pour produire la neutralisation de la base en excès est l'acide muriatique cherché. Mais, pour s'assurer d'une exactitude parfaite, il sera convenable d'estimer directement la quantité d'acide muriatique dans une quantité donnée d'eau, en précipitant d'abord par le nitrate de baryte, et ensuite par le nitrate d'argent.

L'analyse, dit l'auteur, peut en partie être conduite d'une autre manière qui, quoique peut-être un peu moins exacte, est simple et d'une exécution aisée. 2°. Méthode.

L'eau étant évaporée en partie, les acides sulfurique et carbonique ayant été expulsés par l'addition du muriate de baryte, et par conséquent tous les sels convertis en muriates, évaporez à siccité et traitez la masse sèche par six fois son poids d'alcool à 8,835 ; agitez de temps en temps le mélange pendant vingt-quatre heures

sans y appliquer de chaleur; décantez et lavez avec de l'alcool : le résidu sera du muriate de soude à-peu-près pur.

La liqueur alcoolique contiendra des muriates terreux et un peu de muriate de soude. Pour en séparer celui-ci, évaporez à siccité et traitez de nouveau par l'alcool, mais en plus petite quantité qu'auparavant. Pour doser la chaux et la magnésie, chassez l'alcool de la dissolution, et transformez les muriates en sulfates; vous séparerez le sulfate de magnésie du sulfate de chaux au moyen de l'eau employée en petite quantité, et de ces sels vous conclurez les proportions des bases.

État dans lequel les acides et les bases sont combinés.

M. Murray examine ensuite à quel état de combinaison les différens acides et les différentes bases peuvent se trouver dans une eau minérale. Ces acides et ces bases peuvent former des combinaisons simultanées, ou des combinaisons binaires; il pense que, dans ce dernier cas, ce que l'on peut conclure de plus probable, c'est que les combinaisons sont celles qui forment les composés les plus solubles, et que si, par suite de l'évaporation, on a des composés moins so-solubles, cela vient de l'influence de la force de cohésion.

Il croit donc qu'il convient de présenter les résultats de l'analyse de trois manières : 1°. les quantités des acides et des bases; 2°. les quantités des composés binaires, comme déduites du principe que les composés les plus solubles sont les élémens; 3°. enfin, les quantités des composés binaires, tels qu'ils sont donnés par l'évaporation, ou par toute autre opération de l'analyse directe.

Dans le cours de son travail, M. Murray a eu occasion de déterminer la composition du muriate de magnésie cristallisé; il y a trouvé : Composition du muriate de magnésie cristallisé.

Acide muriatique........	0,294
Magnésie..............	0,213
Eau..................	0,493
	1,000

100 parties de ce muriate peuvent produire 64 de sulfate sec (1).

11. *Note sur le traitement des eaux mères des salpêtriers, par M.* Longchamp. (Annales de Chimie, *tome V, page* 171.)

Les secondes eaux mères des salpêtriers ont été rejetées jusqu'à présent comme intraitables; elles contiennent du nitrate de potasse, du muriate de soude, et une très-grande quantité de muriate de chaux et de magnésie. M. Longchamp propose d'y ajouter du sulfate de soude, qui décomposerait le muriate de chaux; après l'évaporation, la cristallisation fournirait le salpêtre, et le muriate de soude qu'on recueillerait aussi compenserait le prix du sulfate de soude employé.

M. Longchamp pense que dans les contrées où le nitrate de chaux est très-abondant, par exemple en Touraine, le gouvernement pourrait faire fabriquer avec avantage du nitrate de soude, et le livrer, à un prix inférieur à celui

(1) Le procédé de M. Murray est ingénieux, et peut convenir à des chimistes très-exercés; mais on en connaît de plus simples et d'aussi exacts, qu'on peut employer toutes les fois qu'on n'est point obligé de faire l'analyse complète sur une même portion d'eau minérale. (*R.*)

du nitrate de potasse, aux fabricans d'eau-forte et d'acide sulfurique, qui prétendent que la cherté de ce sel est un obstacle à ce qu'ils puissent soutenir la concurrence de l'étranger.

---

12. *Note de M.* d'Arcet *sur la substitution du nitrate de soude au nitrate de potasse dans les arts.* (Annales de Chimie, *tome VI, page* 206.)

A l'occasion de la note précédente, M. d'Arcet observe que la substitution du nitrate de soude au nitrate de potasse est en opposition avec les veritables intérêts des fabricans de produits chimiques, parce que le sulfate de potasse que l'on retire de la décomposition du nitrate de potasse par l'acide sulfurique, ou des résidus de la combustion d'un mélange de nitre et de soufre dans les chambres de plomb, est fort recherché pour nos fabriques d'alun, et a une valeur maintenant très-élevée, ce qui fait que les fabricans d'acide nitrique peuvent vendre cet article à très-bas prix, tandis que le sulfate de soude n'a presque aucune valeur, etc., et il avertit l'autorité de bien consulter tous les intérêts avant de prendre le parti que propose M. Longchamp.

---

13. *Sur la structure mécanique que présente le fer en se dissolvant dans les acides, et sur la combinaison de la silice sur la fonte, par M.* J. F. Daniell. Esq. (Journal of Sciences and the Arts, *tome II, page* 278.)

Un cube de fonte grise à cassure grenue, plongé dans l'acide hydrochlorique faible, jusqu'à ce que l'acide fût saturé, et bien débarrassé ensuite d'une matière grise semblable à la plom-

bagine, qui recouvrait sa surface, a paru sillonné irrégulièrement, et vu au microscope il semblait composé de faisceaux de petites aiguilles.

Dans la fonte blanche, à cassure radiée, la texture qui se manifeste par l'action de l'acide, est un assemblage de lames agrégées dans diverses positions, et produisant quelquefois des étoiles par l'intersection de leurs bords : néanmoins, malgré l'apparence cristalline très-prononcée de cette fonte, on n'y découvre aucune facette régulière.

Un morceau de fer bien corroyé, traité de même par l'acide hydrochlorique, présente l'apparence de faisceaux dont les fibres courent parallèlement dans toute sa longueur, et sont séparées très-profondément à leurs extrémités.

Du fer cassant à froid, excessivement fragile et présentant dans sa cassure des faces brillantes et polies comme l'antimoine, laisse apercevoir, après avoir été soumis au même traitement, une texture fibreuse, mais moins que celle du fer en barre doux, la direction des fibres étant souvent interrompue.

Une verge de fer, cassant à chaud, a donné une masse compacte de très-petites fibres parfaitement continues et parallèles, quoique leurs faisceaux fussent tordus. Dans un canon de fusil, d'une pureté remarquable, la masse était aussi trè-scompacte, et la texture fibreuse et ondulée.

Une masse d'acier, sortant du creuset où elle avait été fondue, dont la texture était radiée, fut promptement attaquée par l'acide ; elle pré-

[illegible] ensuite un arrangement éminemment cristallin, qui paraissait dû à de très-petites lames brillantes, réfléchissant la lumière dans toutes sortes de directions, et n'ayant aucun ordre déterminé.

L'acier [illegible] et forgé, dont la cassure était [illegible] très-petits grains, ne se laissa attaquer [illegible] difficilement par l'acide hydrochlorique [illegible] concentré, et on fut obligé d'y ajouter [illegible] l'acide nitrique. Après la saturation [illegible] acide, la surface de l'acier était compacte [illegible] laissait apercevoir aucune texture fibreuse.

Une lame de rasoir, faite avec l'acier Woolz, présenta les mêmes apparences; mais dans une autre lame, d'une qualité inférieure, la texture était fibreuse et ondulée.

On prit ensuite une barre d'acier, d'une cassure grenue unie, et on la rompit en deux. Les deux pièces furent chauffées, dans le même fourneau, au rouge cerise, et, dans cet état, on plongea l'une d'elles dans l'eau froide, et on laissa l'autre se refroidir très-lentement dans le fourneau même. On les mit ensuite dans l'acide hydrochlorique, auquel on ajouta quelques gouttes d'acide nitrique. La dernière fut promptement attaquée, mais il fallut cinq fois autant de temps pour saturer l'acide de la première. L'acier trempé était extrêmement fragile, sa surface était couverte de petites cavités comme le bois vermoulu; mais sa texture était très-compacte et nullement striée. Au contraire, l'acier non trempé se courbait aisément et n'avait point d'élasticité, sa texture était fibreuse et ondoyante.

En traitant la fonte par l'acide hydrochlo-

rique, M. Daniell obtint 0,153 d'une substance poreuse spongieuse, inattaquable par les acides, susceptible de s'enflammer spontanément, etc. Vue au microscope, on y distingue des particules d'un brillant métallique, mêlées avec une poussière d'un blanc grisâtre qui est de la silice; elle est composée de fer, de silice et de charbon, et M. Daniell est porté à croire que la silice est à l'état de silicium dans la fonte, et que le silicium est combiné au carbone dans le résidu. La quotité de ce résidu est une chose extraordinaire et qui mérite vérification. Quant à sa nature, il ne paraît pas qu'elle soit encore bien connue.

---

14. *Sur les sels composés d'acide sulfurique et de peroxide de fer; par* T. Thomson. (*Annals of philosophy*, 10e. 98.)

Le protosulfate de fer est composé de:

Eau.........	0,45000...	0,45
Acide......	0,28947. }	0,55
Protoxide...	0,26053. }	
	1,00000...	1,00

Ce sulfate, porté au *maximum*, en le faisant bouillir avec de l'acide nitrique qu'on a soin d'expulser entièrement en évaporant plusieurs fois jusqu'à siccité, se change en deux sulfates, l'un insoluble, dans la proportion de 0,25, et l'autre soluble, dans la proportion de 0,75; ils sont composés de:

	Le 1er.	Le 2e.
Acide.......	0,20......	0,60
Peroxide.....	0,80......	0,40

En faisant digérer de l'acide sulfurique con-

centré sur du peroxide de fer, on obtient un troisième sulfate, qui paraît être un hydrate de persulfate. Thomson est porté à croire qu'il existe encore un quatrième sulfate.

---

15. *Sur les oxides d'étain. Extrait d'une lettre de M.* Berzélius *à M.* Gay-Lussac. (Annales de Chimie, *tome V, pag.* 149.)

M. Berzélius a précipité du spiritus libavii mêlé d'eau, avec les précautions convenables, d'abord par l'ammoniaque, et ensuite par le nitrate d'argent, et il l'a trouvé composé de :

Acide muriatique.......	0,42125
Oxide d'étain.........	0,57875

L'oxide ammoniacal peut se dissoudre dans l'eau. Il se dissout aussi dans l'acide nitrique; mais si on chauffe la dissolution à 60, il se précipite. Ce nouveau précipité n'est point soluble dans l'eau; il devient jaune par la calcination au rouge. Il est, quant à sa composition, le même que l'oxide formé par l'acide nitrique. Cependant il jouit de propriétés particulières, ainsi que celui qui est précipité par l'ammoniaque.

L'oxide formé par l'acide nitrique (et non calciné), se combine avec l'acide sulfurique sans s'y dissoudre. Il est indissoluble dans l'acide nitrique; mais après avoir été traité par l'ammoniaque, l'acide muriatique s'y combine et devient jaune; mais il n'en dissout qu'une petite quantité, le résidu se dissout entièrement dans l'eau. La dissolution se coagule par l'ébullition. Si on y ajoute de l'acide muriatique, il se précipite de nouveau un acide muriate neutre, soluble dans l'eau pure.

L'oxide précipité par l'ammoniaque se dissout entièrement dans l'acide muriatique même étendu, et ne se dépose pas par l'ébullition : il se dissout sans résidu dans l'acide nitrique ; sa liqueur ne se dépose pas à l'air; mais à la température de 50°, tout l'oxide s'en précipite. Il se dissout entièrement dans l'acide muriatique, et ne se laisse pas précipiter par une addition de cet acide en excès.

L'oxide du sprititus libavii, traité par l'acide muriatique, se comporte comme le précédent avec les acides sulfurique et muriatique. L'acide nitrique en dissout très-peu; mais si on le traite par l'ammoniaque, il devient soluble dans cet acide.

L'oxide d'étain ayant une fois reçu les caractères qui lui appartiennent dans l'esprit de libavius, ne peut être changé que difficilement; mais l'oxide fait par l'acide nitrique peut être changé en celui du spiritus libavii, de plusieurs manières : par exemple, en le distillant avec de l'acide muriatique concentré, ou en le traitant par cet acide, après l'avoir calciné avec un alcali caustique.

---

16. *Sur les hydrates d'étain, par* Thomson. (Annals of Phylos., 10e. 149; Annales de Chimie, *tome VI, page* 221.)

En dissolvant l'étain dans l'acide nitrique faible, il reste une matière blanche que l'on obtient pure en la lavant avec de l'eau. Desséchée à une température d'environ 25°, elle forme un hydrate blanc, demi-transparent, friable, à cassure vitreuse, qui est composé

d'une portion de peroxide d'étain et de deux d'eau, ou de :

Oxide.......	100.....	0,807
Eau.........	24.....	0,193

L'oxide d'étain desséché à l'air libre, sans l'application d'aucune chaleur artificielle, forme un autre hydrate qui contient deux fois plus d'eau que le précédent ; il est remarquable par sa belle couleur blanche et son lustre soyeux, qui le rendent très-agréable à l'œil.

---

17. *Extrait d'une lettre de M.* Berzélius *à M.* Gay-Lussac, *sur les oxides de manganèse.* (Annales de Chimie, *tom. VI, p.* 204.)

Stockholm, le 28 septembre 1817.

« M. Arvidson, jeune chimiste très-habile, s'est occupé, dans mon laboratoire, de recherches sur les oxides de manganèse, et il vient de trouver que ce métal, à commencer par son oxide salifiable, a trois degrés d'oxidation, dont il a trouvé la composition à très-peu de chose près, telle que je l'avais déterminée il y a quelques années. Le protoxide ou l'oxidule est vert, les deux autres sont noirs. Le second se forme, soit par l'acide nitrique, lorsqu'on chauffe le nitrate de manganèse au rouge brun, soit lorsqu'on fait brunir l'oxidule dans l'air. Si on chauffe le second oxide à une chaleur rouge continue, il donne un peu de gaz oxigène, et laisse une poudre rouge qui, par les acides, peut se décomposer en oxide vert et en oxide noir, tout comme vous l'avez trouvé. L'oxide noir qui s'en sépare n'est cependant point le peroxide, comme vous venez de le supposer, mais bien le deutoxide. La

poudre rouge est composée de 100 parties de manganèse et de 37.47 parties d'oxigène, tandis que, dans le deutoxide, 100 parties de métal sont combinées avec 42.16 parties d'oxigène. L'oxide rouge de manganèse est donc analogue à l'oxide de fer magnétique natif. M. Arvidson a aussi examiné le peroxide natif. Il a trouvé que 100 parties de cet oxide, abstraction faite des substances étrangères dont il est presque toujours mêlé, donnent, par une forte calcination, 11.3 parties d'oxigène, et laissent de l'oxide rouge pour résidu. Il n'a point réussi à produire cet oxide par le gaz oximuriatique. Si l'oxide rouge de manganèse est un degré d'oxidation particulier, le manganèse a 4 degrés d'oxidation dans lesquels 100 parties du métal sont combinées avec les parties d'oxigène suivantes : 28.105, 37.47, 42.16, 56.21 ; mais le second degré ne peut point se concilier avec les proportions chimiques, si on ne les considère point comme une combinaison chimique des deux premiers. Pendant que M. Arvidson s'occupait de ces travaux, on m'apporta d'Undenas en Westrogothie, de l'oxide de manganèse en très-belles et très-grandes aiguilles cristallisées ; il se chargea d'en faire une analyse. Il se trouva que ce n'était point du peroxide, mais bien l'hydrate du deutoxide. Exposé au feu, il donne 10 pour cent d'eau pure, et 3.07 pour cent d'oxigène, en laissant pour résidu de l'oxide rouge. Il est donc composé, de manière que l'oxigène de l'eau est $\frac{1}{3}$ de celui du deutoxide. Si on en ôte l'hydrogène, on obtient le peroxide; ou bien si l'on ajoute de l'hydrogène à celui-ci, on a l'hydrate du deutoxide. L'hy-

date cristallise différemment du peroxide, et forme en général des cristaux plus larges; il ne noircit point les mains comme le peroxide, et donne une poudre rouge-brune. On n'a besoin que de le gratter avec un corps dur pour le distinguer tout de suite du peroxide. Klaproth a déjà analysé un hydrate d'oxide de manganèse d'Ilefeld, sans qu'il paraisse cependant s'être aperçu de sa différence, dans sa constitution chimique, d'avec le peroxide. J'ai fait venir, cet été, du manganèse d'Undenas. La plupart des échantillons n'étaient point cristallisés, et il paraît que cette mine ne contient que de l'hydrate du deutoxide en masse, rarement mêlé de cristaux du même minerai. »

---

18. *Note sur la cause des changemens de couleur que présente le caméléon minéral; par M.* Chevreul. (Annales de Chimie, *tome IV, page* 42.)

Le caméléon minéral est une combinaison de potasse et d'oxide de manganèse. M. Chevreul le prépare en exposant dans un creuset de platine, à l'action d'une chaleur rouge, soutenue pendant vingt minutes, un mélange d'un gramme d'oxide rouge-brun, obtenu par la calcination du carbonate de manganèse pur et de 8 grammes de potasse à l'alcool. Cette quantité d'alcali n'est pas suffisante pour dissoudre tout l'oxide. Lorsqu'on traite la masse fondue par l'eau, il en reste une portion qui est souvent sous la forme de paillettes brillantes, semblables au sulfure de molybdène.

La dissolution dans l'eau est verte comme le caméléon solide. Au bout de quelque temps

elle passe au bleu, puis au violet, à l'indigo, au pourpre, et enfin au rouge; il se dépose une poudre jaune d'oxide de manganèse. Au bout d'un temps plus long, la couleur rouge disparaît aussi, et il ne reste plus d'oxide dans la liqueur. Toutes ces nuances sont produites non-seulement par l'eau froide ajoutée au caméléon vert, mais encore par l'acide carbonique libre, un acide quelconque, le carbonate de potasse et le sous-carbonate d'ammoniaque et l'eau chaude.

Si on filtre du caméléon vert un certain nombre de fois, on pourra le décomposer complétement; il en sera de même si l'on introduit du papier dans la dissolution privée du contact de l'air. Si l'on filtre les caméléons bleus, violets, etc., il se déposera de l'oxide sur le filtre, et la liqueur deviendra verte. Du caméléon rougi par l'acide carbonique, redeviendra vert, si on y ajoute de la potasse ou de la baryte caustique. (Si on ajoutait une trop grande quantité de baryte, il se précipiterait une combinaison rose d'oxide de manganèse et de baryte, en même temps que du carbonate de baryte.)

D'après ces faits, M. Chevreul pense qu'il existe une combinaison de potasse et d'oxide de manganèse qui est verte, et une combinaison triple d'alcali, d'oxide et d'acide carbonique qui est rouge. Cette dernière est plus facilement décomposée par le papier que la première. L'une et l'autre, mélangées en diverses proportions, produisent les nuances que l'on connaît.

Néanmoins il n'admet pas cette explication pour les caméléons formés par l'eau froide ou

chaude. Ils sont bien formés, comme les premiers, d'un mélange d'un caméléon vert et d'un caméléon rouge; mais la couleur rouge peut être produite sans addition d'acide carbonique, et même quoiqu'il y ait soustraction de cet acide. Il croit possible que la couleur rouge soit le résultat d'une action de la potasse sur l'oxide moins forte que celle exercée par ce même alcali sur l'oxide du caméléon vert, et que l'acide carbonique agisse en affaiblissant l'action de la potasse.

M. Chevreul n'affirme pas que l'oxide natif de manganèse (peroxide) perde de l'oxigène en s'unissant à la potasse; mais il croit cette opinion extrêmement probable; et comme un grand nombre de matières, susceptibles d'absorber l'oxigène, décolorent les caméléons, que l'acide hydrochlorique produit cet effet avec dégagement de chlore, il en conclut que le manganèse, combiné avec l'alcali, est à un degré d'oxidation intermédiaire entre l'oxide de la nature et l'oxide des sels de manganèse. Du reste, il pense que ce degré d'oxidation est le même dans les caméléons diversement colorés.

---

19. *Mémoire sur le caméléon minéral, par MM.* Chevillot et Edwards; *lu à l'Académie des sciences le* 21 *avril* 1817.

Après avoir acquis la certitude que la matière colorante du caméléon minéral provenait du manganèse, MM. Chevillot et Edwards ont cherché à déterminer si l'oxide de manganèse se combine directement à la potasse sans addition d'aucune substance. Ils ont introduit dans une cloche courbe, placée sur le mercure, des

petits vases d'argent renfermant un mélange de potasse et d'oxide de manganèse, et ils ont chauffé graduellement. Ils ont vu : 1°. que la cloche étant remplie de gaz azote, on ne peut produire de caméléon ni avec l'oxide noir natif, ni avec l'oxide brun, ni avec l'oxide blanc des dissolutions salines ;

2°. Que lorsque la cloche est remplie de gaz oxigène il se forme du caméléon, et que le gaz est absorbé ;

3°. Que l'absorption augmente dans de certaines limites, avec les quantités d'oxide de manganèse ; que les proportions qui ont donné l'absorption la plus considérable sont celles de parties égales. Avec un gramme et demi de potasse pure à l'alcool, et autant d'oxide noir de manganèse, ils ont obtenu une absorption de 13 à 14 centilitres d'oxigène ($1^{g}\frac{1}{2}$ de potasse pure n'absorberait, dans les mêmes circonstances, que deux centilitres au plus de gaz oxigène);

4°. Qu'à mesure que la quantité de manganèse augmente, la fusibilité diminue ; ce qui n'empêche pas l'augmentation de l'absorption ;

5°. Que la couleur du composé devient plus intense dans la même proportion, jusqu'à présenter des teintes tellement sombres qu'on peut à peine les reconnaître ;

6°. Qu'aucun de ces caméléons n'offre de forme régulière par un refroidissement gradué ; ce qui n'eût été possible que pour un petit nombre ; car après le dégagement d'une certaine quantité d'eau, presque tous se figent au degré de chaleur qu'on a employé, et la plupart ne se fondent pas.

Lorsqu'on dissout ces caméléons dans l'eau,

on observe : 1°. que les combinaisons où il y a le moins de manganèse, et par conséquent le moins d'oxigène et le plus de potasse, sont du vert le plus pur et le moins foncé, et tendent le plus à donner les autres nuances;

2°. Que les proportions du manganèse augmentant, la couleur verte de la dissolution devient plus intense et passe plus rapidement aux autres nuances, ou en présente d'autres en même temps; ainsi on voit le vert le plus foncé et d'une teinte bleue au fond du vase, passer au rouge-pourpre clair au haut de la liqueur;

3°. Que d'autres combinaisons, plus chargées de manganèse et d'oxigène, donnent de moins en moins du vert et du bleu, jusqu'à ce que certaines combinaisons ne donnent plus que du pourpre et du rouge dès le premier moment de leur dissolution dans l'eau.

On peut obtenir un caméléon cristallisé. Pour y réussir plus sûrement, il faut employer parties égales de potasse et d'oxide, ou une dissolution très-chargée de caméléon vert qui a passé au pourpre; on évapore rapidement, jusqu'à ce qu'il se forme de petites aiguilles, et on expose ensuite la liqueur à une chaleur inférieure à celle de l'eau bouillante. C'est une combinaison neutre, d'un rouge extrêmement intense, décomposable, par la chaleur, en caméléon vert avec dégagement d'oxigène, etc. Le caméléon rouge, fait de toutes pièces, renferme un excès de potasse, et loin de laisser dégager de l'oxigène par la chaleur, il en absorbe, s'il n'est pas saturé et ne se décompose pas.

Quelle est la nature du caméléon minéral?

quelles sont les causes qui produisent les changemens de couleur qu'éprouve cette substance par différens agens, et pourquoi se décompose-t-elle spontanément? Ce sont des questions importantes, que MM. Chevillot et Edwards se proposent de traiter dans un autre mémoire.

---

20. *Note concernant quelques expériences relatives à l'action de l'acide hydrochlorique sur les alliages d'étain et de bismuth, par M.* Chaudet, *essayeur provisoire des monnaies.* (Annales de Chimie, *tom. V, page* 142.)

L'acide hydrochlorique agit faiblement, mais sensiblement sur le bismuth. A froid il en dissout 2 parties sur 100 en vingt-quatre heures, et à chaud 2 parties ½.

Le bismuth et l'étain, dans les alliages de ces métaux qui renferment plus de 0,04 du premier, sont attaqués par l'acide hydrochlorique comme s'ils étaient isolés; mais lorsque l'alliage ne contient que 5 de bismuth sur 125 d'étain (un peu moins de 0,04), on peut en enlever tout l'étain, sans attaquer le bismuth. Il faut, pour cela, employer de l'acide à 1,190 de pesanteur spécifique, et laminer le métal en feuilles assez minces pour que la dissolution de l'étain puisse avoir lieu à froid en deux heures et demie au plus. Par le même procédé on peut séparer exactement les plus petites quantités de bismuth alliées à l'étain.

Ce moyen d'analyse peut aussi servir lorsque l'alliage de bismuth et d'étain recèle une quantité de plomb qui n'est pas plus forte que celle

du bismuth. Lorsque l'alliage renferme plus de 0,04 de bismuth, il faut le fondre sous le charbon avec une proportion convenable d'étain pur, avant de l'exposer à l'action de l'acide hydrochlorique.

On doit laminer l'alliage avec précaution, parce qu'il n'est bien ductile que lorsqu'il contient moins de 0,025 à 0,03 de bismuth.

---

21. *Observations sur la réaction de l'eau régale et de l'antimoine, par M.* Robiquet. (Annales de Chimie, *tome IV, page* 163.)

Autrefois c'était toujours en soumettant à l'action de la chaleur un mélange d'antimoine ou de sulfure d'antimoine, avec une proportion relative de sublimé corrosif, qu'on obtenait le *beurre d'antimoine*, substance qu'on a reconnue être une combinaison de chlore et d'antimoine. Actuellement, pour préparer le chlorure d'antimoine, on prend 1 partie d'acide nitrique, 4 parties d'acide hydrochlorique et une d'antimoine métallique; la dissolution étant faite avec toutes les précautions convenables, on évapore en vaisseaux clos, pour chasser tout l'excès d'acide et d'humidité, et lorsque le chlorure est sec, on continue l'action de la chaleur pour le sublimer, mais on change de récipient.

Ce procédé, beaucoup plus avantageux que l'ancien, a pourtant ses inconvéniens. M. Robiquet a trouvé moyen d'y remédier, et c'est ce qu'il se propose de faire connaître dans l'article qu'il publie.

Lorsque la dissolution de l'antimoine se fait lentement, on obtient un surchlorure qui peut être amené par l'évaporation à la consistance

presque sirupeuse, mais qui ne se sublime pas. On le ramène à l'état de chlorure en agitant sa dissolution à froid avec de l'antimoine très-divisé. Cette addition de métal doit se faire avec précaution, car il se dissout si promptement et en si grande quantité, qu'il y a une chaleur considérable de développée qui pourrait briser le vase.

Si, au contraire, la dissolution est prompte et tumultueuse, soit que le mélange des acides ait été fait long-temps à l'avance, soit que l'acide nitrique se trouve en proportion surabondante, soit parce que le métal a été trop divisé, il se dégage une chaleur excessive, et qui est telle, que la majeure partie du chlore est entraînée avec le gaz nitreux; le chlorure qui se forme est en partie décomposé par l'acide nitrique, et, à la fin de l'opération, il se manifeste des soubresauts si violens, qu'on est obligé d'interrompre la distillation: on remédie à cet inconvénient en ajoutant un peu d'acide hycholorique à la dissolution, avant de l'évaporer, et l'agitant pendant quelques instans avec de l'antimoine très-divisé.

---

22. *Nouvelle manière de découvrir l'oxide d'arsenic et le sublimé corrosif dans leurs solutions respectives, et de les distinguer l'un de l'autre.* (Annales de Chimie, *tome IV*, *page* 334).

On prend de l'amidon de froment cuit dans l'eau en consistance convenable, et récent; on y ajoute de l'iode en quantité suffisante pour le rendre bleu, et on le délaie ensuite dans l'eau pure, de manière à avoir une belle teinture azurée. Cette teinture est un bon réactif pour

découvrir les substances vénéneuses dont on vient de parler.

Si on verse dans la solution azurée d'amidon quelques gouttes de solution aqueuse d'acide arsenique, la couleur bleue devient aussitôt roussâtre et se dissipe ensuite entièrement.

La dissolution de sublimé corrosif versée dans l'amidon azuré, y produit à-peu-près le même changement, c'est-à-dire qu'elle en détruit la couleur; mais si à la teinture colorée par l'acide arsenique on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, la couleur bleue primitive reparaît aussitôt avec plus d'éclat, tandis qu'on ne rétablit pas par le même moyen, ni par aucun autre acide, la couleur de la teinture décolorée par le sublimé corrosif (Brugnatelli, *Giorn. de fisica*, 9, 465).

---

23. *Sur l'essai d'or fin, par M.* Chaudet, *essayeur provisoire des Monnaies.* (Annales de Chimie, *tome IV, page* 356).

Par les procédés ordinaires d'essai, l'or presque fin éprouve toujours une surcharge, parce qu'il y entre une portion de l'argent d'inquartation. Pour obvier à cet inconvénient, quelques essayeurs terminent le départ par l'acide sulfurique concentré. L'acide sulfurique produit l'effet désiré, ainsi que s'en est assuré M. Chaudet, et on peut même le substituer tout-à-fait à l'acide nitrique; mais ce procédé présente quelques difficultés, et M. Chaudet en propose un autre qui lui paraît beaucoup meilleur; il consiste à allier 0g,500 d'or à 1,500 d'argent, à coupeller avec un gramme de plomb et à laminer de 8 centimètres seulement le bouton, d'abord

aplati et recuit, et à le traiter de la manière suivante par l'acide nitrique; on le met dans un matras sur le feu, avec de l'acide à 22°; on ne l'y laisse que trois à quatre minutes; on décante de suite cet acide, on en ajoute à 32°., qu'on fait bouillir pendant vingt minutes; on décante de nouveau; on fait bouillir pendant huit à dix minutes une nouvelle quantité d'acide nitrique au même degré, on lave à l'eau distillée et on recuit; on obtient de l'or à mille millièmes.

L'opération dure vingt-quatre minutes au lieu de trente-sept qu'on emploie en suivant la méthode ordinaire; il est vraisemblable, selon M. Chaudet, que ce moyen pourrait être appliqué à tous les essais d'or, en ne passant qu'un acide à 32°.

---

24. *Expériences sur le sulfure de platine, sur ses oxides, et Note sur quelques sulfures triples de platine, par M.* Vauquelin. (Annales de Chimie, *tome V, pages* 260 *et* 392).

On obtient le sulfure de platine en chauffant un mélange de soufre et de muriate ammoniaco de platine, avec ou sans addition de carbonate de soude, ou en chauffant du soufre avec du platine métallique très-divisé. Ce sulfure est fusible et se présente sous la forme d'une poudre noire en aiguilles cristallines comme de l'oxide de manganèse lorsqu'il a été fondu; il est indécomposable par la chaleur; il perd par la calcination à l'air 0,15 à 0,16 de soufre, et le platine reste pur. Sulfure.

Lorsqu'on précipite le platine d'une dissolution par l'acide hydrosulfurique, le dépôt palodulent et noir qui se forme n'est pas un sulfure; il

donne à la distillation de l'eau et de l'acide sulfureux, et perd 0,23 par la calcination.

Sous-muriates.

Il y a deux sous-muriates de platine; le premier résulte de la décomposition du muriate ordinaire par une chaleur modérée; il se dégage du chlore. Ce sel est brun-jaune, insoluble dans l'eau, soluble dans l'acide muriatique. La dissolution est d'un rouge pourpre; par l'évaporation elle dépose tout le sous-sel sans altération; elle ne précipite que faiblement par le muriate d'ammoniaque, mais donne de beaux cristaux pourpres; la potasse et la soude en précipitent un oxide noir.

Si l'on mêle une dissolution de muriate de platine aussi neutre que possible avec un excès de nitrate d'argent, la liqueur est décolorée, et il se fait un précipité jaune foncé de muriate d'argent et de sous-muriate de platine. Ce précipité donne du chlore à la distillation : lorsqu'on le chauffe avec de l'acide muriatique, le sel d'argent reste pur. La dissolution se comporte comme le muriate ordinaire de platine; elle peut être évaporée à siccité sans décomposition, elle donne un précipité par le sel ammoniacal et n'en donne point par les alcalis caustiques, etc.; le sous-muriate de platine précipité par le nitrate d'argent est donc différent de celui qui est produit par le feu. M. *Vauquelin* pense qu'ils renferment deux oxides différens, et il lui paraît probable que tous les muriates de platine sont des hydrochlorates et non des chlorures, parce qu'ils laissent dégager du chlore et de l'eau par la chaleur.

L'oxide du muriate ordinaire contient 0,15 à 0,16 d'oxigène.

Muriate triple de soude et de potasse

Si l'on mêle à une dissolution de muriate de

platine, de la soude, on obtient un sel triple différent de celui qu'on forme au moyen du muriate de soude. Le précédent donne des cristaux d'un jaune-brun en lames brillantes comme du mica; il précipite en jaune verdâtre par le sel ammoniac, et il contient :

Eau........	0,15
Platine........	0,20

Le second donne de beaux cristaux d'un jaune orangé, précipite en jaune citron par le sel ammoniac, et contient :

Eau........	0,20
Platine......	0,17

Le muriate ammoniaco de platine donne 0,425 de métal par la calcination.

Le sous-muriate de platine donne avec l'acide sulfurique concentré, à l'aide de l'ébullition, du sulfate de platine soluble dans l'eau, incristallisable, noir verdâtre. Les alcalis en précipitent, au bout d'un certain temps, un oxide noir, qui perd au feu 0,16 d'oxigène. Si l'on mêle à la dissolution du sulfate de potasse, on a un précipité vert bouteille qui devient noir en se séchant; c'est un sulfate triple de potasse et de platine. Sulfate triple de potasse et de platine.

---

25. *Sur un nouveau platine fulminant, par* Edmond Davy, *professeur de chimie.* (Annales de Chimie, *tome VI, page* 413.)

M. Proust avait obtenu le platine fulminant en décomposant le muriate de platine ammoniacal, et il avait remarqué qu'il ne détonne pas aussi facilement que l'or fulminant.

M. Davy prépare la même substance en transformant d'abord du sulfure de platine en sulfate,

au moyen de l'acide nitreux, en précipitant ensuite la dissolution par l'ammoniac en léger excès, et faisant bouillir le précipité avec de la potasse.

Le platine fulminant est une poudre d'une couleur brune, insoluble dans l'eau, décomposable par les acides, le chlore et le soufre ; il détonne à la température de 204° ; M. Davy le croit composé de :

Platine...............	0,7375
Oxigène.............	0,0875
Eau et ammoniaque.....	0,1730
	1,0000

---

26. *Nouvelles recherches sur les proportions chimiques, par M.* Berzélius. (Annales de Chimie, *tome V, page* 174.)

Nous tirons du Mémoire de M. Berzélius les faits suivans :

100 parties de muriate suroxigéné de potasse donnent par la calcination 39,15 d'oxigène.

100 parties de muriate de potasse donnent, avec le nitrate d'argent, 192,4 de muriate d'argent.

100 parties d'argent donnent 132,75 de muriate d'argent.

Le muriate de potasse est formé de :

Potasse........	0,63258
Acide...........	0,36842

Le muriate suroxigéné de :

Potasse...........	0,3849
Acide muriatique...	0,2236
Oxigène..........	0,3915

Le muriate d'argent de :

Oxide............	0,80903
Acide............	0,1907

L'oxide d'argent de :

Métal............	0,93103
Oxigène..........	0,06897

L'oxide de plomb de :

Métal............	0,92818
Oxigène..........	0,17182

La potasse de :

Potassium........	0,82
Oxigène..........	0,17

100 parties de muriate de plomb donnent 103,35 de muriate d'argent.

100 parties de plomb donnent 146,45 de sulfate de plomb.

100 parties d'acide muriatique saturent une quantité de base qui contient 29,858 d'oxigène.

100 parties de fluate de chaux donnent 173,63 à 174,2 de sulfate. 100 parties d'acide fluorique saturent une quantité de base qui contient 70,75 71 d'oxigène.

L'acide arsenieux contient :

Métal............	100
Oxigène..........	30,17

L'acide arsenique :

Métal............	100
Oxigène..........	52,96

Il y a plusieurs sulfures d'arsenic qui tous renferment l'arsenic à l'état métallique. L'orpiment se forme lorsque l'acide arsenieux est décom-

posé par l'hydrogène sulfuré. Le réalgar correspond à un acide moins avancé.

Les combinaisons des acides de l'arsenic sont comme celles des acides du phosphore, ou avec excès d'acide ou avec excès de base. Il y a un point de neutralité qui n'existe pas à l'état solide et qui est détruit par la cristallisation.

---

37. *Note de M.* Gay-Lussac *sur l'affinité mutuelle des diverses bases.* (Annales de Chimie, *tome V, page* 163.)

J'avais fait depuis long-temps des recherches sur l'affinité mutuelle des diverses bases (*Annales de Chimie*, tome LXXX, p. 208), et je vais extraire de mes notes les résultats suivans.

La dissolution de zinc dans la potasse ou l'ammoniaque ne produit rien avec les ammoniures de manganèse, de fer au *minimum*, de cobalt, de nickel, de cuivre, de mercure et d'argent, ni avec les potassures de plomb, d'alumine, d'étain au *maximum* et au *minimum*, l'eau de baryte, de strontiane et de chaux. En mêlant de l'ammoniure de zinc avec l'antimoniate de potasse, on obtient un précipité blanc floconneux, qui se dissout difficilement dans la soude.

L'ammoniure de fer obtenu en décomposant le chlorure de fer par un excès d'ammoniaque, ne précipite point l'ammoniure de manganèse, de nickel et de cobalt, ni les eaux de baryte, de strontiane et de chaux. Mais on obtient un précipité noir avec l'ammoniure d'argent, un précipité jaune avec l'ammoniure de cuivre, un précipité noir très-abondant au bout de quelques instans avec l'ammoniure de mercure. On a aussi

obtenu un grand précipité noir avec le potassure de plomb. Avec la potasse silicée, la potasse aluminée, le potassure de zinc, il se fait également des précipités; mais il faut remarquer que l'ammoniure de fer ayant été préparé avec de l'hydrochlorate de fer, il restait par conséquent dans la dissolution de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qui aura été décomposé par la potasse des autres dissolutions, et dès-lors il y aura eu nécessairement des précipités, puisque l'ammoniaque, mis à nu, n'aura pu dissoudre l'oxide abandonné par la potasse.

Le potassure de plomb a donné un précipité blanc très-abondant avec le potassure d'étain au *maximum*, l'eau de chaux, de baryte et de strontiane; mais il n'a rien produit avec le potassure d'étain au *minimum*, ni avec la dissolution d'alumine ou de silice dans la potasse.

Le potassure d'étain au *minimum* et celui au *maximum*, donnent des précipités blancs très-abondans avec la chaux, la baryte et la strontiane; mais ils ne produisent rien avec la potasse silicée ou aluminee.

L'ammoniure de mercure, fait directement, précipite abondamment en blanc l'eau de baryte, de strontiane et de chaux; le potassure de zinc en blanc, l'antimoniate de potasse en gris, le potassure d'étain au *minimum* en noir.

L'antimoniate de potasse (matière perlée de Kerkringius) donne un précipité blanc très-abondant avec le potassure de plomb, l'eau de baryte, de strontiane et de chaux; mais il ne précipite point les potassures d'étain au *minimum* et au *maximum*.

On peut admettre, d'après ces résultats, que,

parmi les bases essayées, la baryte, la strontiane et la chaux précipitent presque tous les métaux de leur dissolution dans la potasse ou dans l'ammoniaque; tandis qu'il n'y a qu'un petit nombre d'oxides qui se précipitent mutuellement. Quelquefois le précipité est déterminé par la suroxidation d'un des oxides aux dépens de l'autre, comme cela a lieu pour le mercure, l'argent et le cuivre. Il ne faudrait cependant pas conclure que toutes les bases qui n'ont point formé de précipité n'ont point d'affinité entre elles; cela prouve seulement que cette affinité est faible, ou que l'insolubilité des composés qu'elles forment peut être vaincue par les dissolvans dans lesquels elles se trouvent.

De l'essai et de l'analyse des minerais d'étain, *extrait du* Manuel de Minéralogie, *théorique et pratique, par M.* Lampadius, *professeur de métallurgie à l'école des mines de Freyberg.*

L'étain se fond aisément à une chaleur de 219° du thermomètre centigrade, par conséquent long-temps avant de rougir. En se combinant avec l'oxigène, il devient d'autant moins fusible qu'il en contient davantage. Il faut pour réduire l'oxide d'étain une chaleur un peu plus forte que celle qui est nécessaire pour réduire l'oxide de plomb. Quelques propriétés de l'étain.

L'oxide d'étain est infusible; dans les minerais d'étain il est combiné avec des matières terreuses : il n'est donc pas étonnant qu'il soit très-difficile à réduire. L'oxide de fer et les terres peuvent en déterminer la fusion. Le charbon, le fer métallique, les pyrites, le cuivre, le réduisent à l'aide d'une chaleur plus ou moins forte.

L'étain se combine avec le soufre : ce composé est moins fusible que ne le sont le soufre et l'étain. Deux ou trois centièmes de soufre rendent l'étain aigre et cassant; le fer lui enlève le soufre par la voie sèche : on peut aussi en séparer ce combustible au moyen d'un grillage bien ménagé.

L'arsenic uni à l'étain le rend aigre et plus difficile à fondre. Le fer produit à-peu-près le même effet : ces deux métaux sont séparés, au moins pour la plus grande partie, par l'affinage ou la refonte de l'étain.

Les minerais d'étain, considérés par rapport à leur traitement métallurgique, peuvent être par- Trois espèces de minerais d'étain.

tagés en trois classes : 1°. étain oxidé; 2°. étain oxidé contenant de l'arsenic; 3°. étain sulfuré.

Etain oxidé. Les minerais de la première espèce sont ceux que l'on rencontre le plus ordinairement, et il faut y comprendre l'étain en grains. Ils contiennent, d'après Klaproth, ainsi que d'après mes propres recherches, de l'étain, de l'oxigène, du fer et de la silice; car on n'appelle minerai d'étain que ce qui a été bocardé et lavé, ou bien grillé, bocardé et lavé. Après ces préparations, il reste quelquefois du wolfram, de l'oxide de fer et une portion de la gangue, qui rendent la séparation de l'étain plus ou moins difficile à la fonte. Le wolfram ayant une pesanteur spécifique peu différente de celle de l'étain oxidé, ne peut guère en être séparé par le lavage. L'addition de la chaux paraît être convenable pour faciliter la fusion de la plupart des minerais de cette espèce.

L'oxide d'étain d'Ehrenfriedersdorf se comporte au feu de la manière suivante. Exposé sans addition à la chaleur la plus forte d'un fourneau à soufflet, à peine si les parties séparées s'agglutinent ensemble. Avec du charbon, il se fond et se réduit en partie; il se fond complétement, et donne un bouton d'étain lorsqu'il a été préalablement soumis au grillage pendant plusieurs heures, et mêlé avec de la poussière de charbon. La fusion et la réduction s'opèrent encore avec plus de facilité, quand on ajoute 8 à 10 pour $\frac{0}{0}$ de chaux vive.

La richesse des différens minerais varie beaucoup; ceux de Bohème et de Saxe donnent ordinairement 50 à 60 pour $\frac{0}{0}$; ceux dont j'ai parlé m'ont donné 68. Klaproth a retiré 72 $\frac{1}{2}$ de l'étain

de Schlekenmalde, 77 de celui de Polyroth en Cornwall, 74 de celui de Saint-Agnès dans la même contrée, 76 du minerai d'étain lavé de Ladock, 76 de celui d'Alternoon, 73 de l'étain en grains. Il est vraisemblable que les minerais lavés donnent l'étain de la meilleure qualité, parce que le lavage et l'exposition à l'air séparent beaucoup mieux les corps étrangers qui se trouvent mêlés, qu'on ne pourrait le faire par d'autres moyens.

La seconde classe de minerais d'étain comprend ceux qui contiennent de l'arsenic; ce sont des mélanges d'étain oxidé et de pyrites arsenicales. Plus rarement on y trouve de l'arsenic oxidé. On ne peut séparer l'arsenic par le triage, et la pesanteur spécifique de ces substances, étant peu différente de celle de l'étain, le lavage même ne les sépare pas complétement; mais en les faisant griller dans un fourneau à réverbère, on peut recueillir l'oxide d'arsenic sous forme pulvérulente, le fer s'oxidera davantage, et on le séparera facilement par un second lavage. Dans cette opération l'étain sera suroxidé, et c'est pour détruire cette combinaison, aussi bien que pour réduire l'acide arsenic, qu'il est nécessaire de chauffer le minerai ainsi préparé avec de la poussière de charbon, et de le cémenter en quelque sorte lorsqu'il est débarrassé de l'oxide de fer. (Etain oxidé contenant de l'arsenic.)

La partie saxonne de l'Erzgebirge fournit quelquefois du bismuth dans les minerais d'étain; mais il n'en acquiert pas une plus grande valeur pour cela.

L'étain sulfuré se trouve mêlé avec de l'étain oxidé et avec des pyrites de fer; il est très-rare; (Etain sulfuré.)

Le lavage suffit pour séparer la pyrite; et ce qui n'est pas entraîné est converti en sulfate par le grillage, et dissous ensuite par le lavage qui lui succède.

Essai par la voie sèche.

Jusqu'à présent on n'a eu aucun mode fixe d'essai pour les minerais d'étain, et c'est la source de grandes difficultés lorsqu'il s'agit de les fondre. On l'a reconnu depuis long-temps, comme on le voit par les actes du conseil des mines relativement aux procédés de la fonte des minerais; cependant il est indispensable d'atteindre ce but, car il est visible qu'on ne saurait juger de ce procédé de fonte si l'on ne connaît la contenance des minerais, et qu'il est impossible d'apprécier la perte à la fonte, ou de faire des expériences de perfectionnement, si l'on n'est pas en état de faire des essais comparables de minerais d'étain. C'est afin de concourir de tout mon pouvoir à changer cet état de choses, que je vais faire connaître une méthode d'essayer les minerais d'étain crus ou grillés.

Minerai cru et lavé en grand.

Dix quintaux docimastiques de minerai d'étain cru, lavé en grand, broyé très-fin, seront grillés dans un têt à rôtir, jusqu'à ce qu'il ne s'exhale plus d'odeur de soufre ou d'arsenic : alors on ajoutera 20 parties de charbon en poussière, et on continuera à griller jusqu'à ce que ce charbon soit presque entièrement consommé. Après avoir laissé refroidir, on lavera le minerai de la manière suivante. On prendra une bouteille dont le col soit très-étroit, et qui puisse contenir de 16 à 20 lots; on y mettra le minerai grillé avec de l'eau en quantité telle que l'on puisse agiter le tout et bien mêler la poussière dans l'eau. L'étain se déposera au fond de la bouteille, et

l'on enlevera l'eau encore trouble à l'aide d'un siphon. Cette opération sera répétée jusqu'à ce que l'eau sorte claire. Ensuite on recueillera sur un filtre le minerai restant, et on le pesera après l'avoir fait sécher convenablement. Je préfère ce procédé au lavage que l'on fait souvent avec une capsule ou avec la sébile à main, parce qu'on perd toujours beaucoup de minerai par cette dernière méthode.

Lorsqu'on a évalué la perte qui s'est faite, tant au grillage qu'au lavage, on apprête un creuset brasqué de charbon pour y mettre le mélange suivant : 1 quintal docimastique d'étain grillé et lavé, $\frac{1}{4}$ de verre de borax en poudre et $\frac{1}{4}$ de chaux vive. Toutes ces poussières devront être mêlées exactement, et converties en pâte à l'aide de l'huile de lin. On place cette pâte dans le creuset, et on la couvre de poussière de charbon. Le creuset peut être mis devant le soufflet d'une forge, ou dans un fourneau à vent capable de lui donner une chaleur blanche très-forte. On commencera par entretenir une chaleur rouge pendant une heure, et on augmentera ensuite le feu au plus haut degré, en continuant ainsi pendant trois quarts d'heure. Lorsque l'essai réussit bien (ce qui arrive toujours par le procédé décrit), on obtient un culot d'étain bien réuni et ductile, et une scorie trasparente sans aucune grenaille mélangée. Si l'essai ne présente pas ces caractères, il est incertain, et il faut le recommencer.

Minerais grillés et lavés en grand après le grillage.

Lorsque le minerai a été grillé et lavé après le grillage, il faut le soumettre à un nouveau grillage en le mêlant de charbon, et le fondre ensuite de la manière qui vient d'être décrite, mais sans le laver.

Analyse des minerais d'étain par la voie humide.

Pour analyser les minerais d'étain par la voie humide, on commence par les griller et les laver comme il a été dit; puis on en prend une partie, que l'on mêle avec 10 parties de potasse liquide, contenant environ 3 parties de potasse caustique sèche; on fait évaporer à siccité dans un creuset d'argent, et on tient le résidu au rouge pendant quelque temps. Ensuite on le délaye dans l'eau et on verse dessus de l'acide muriatique en excès: on évapore pour séparer la silice; on redissout dans l'eau, et on précipite le fer et l'étain par le carbonate de potasse; on reprend l'oxide d'étain humide par l'ammoniaque, et l'oxide de fer reste sous sa forme ordinaire. Enfin, l'étain est précipité de nouveau par la vaporisation de l'ammoniaque. On réduit séparément les deux oxides avec le plus grand soin, et on apprécie de cette manière la proportion de l'oxigène.

J'ai analysé par ce procédé le minerai d'étain oxidé de l'Erzgebirge, dit M. Lampadius, et je l'ai trouvé composé de:

Etain métallique........	0,68
Fer métallique...........	0,09
Oxigène.................	0,16
Silice..................	0,07
	1,00

MÉMOIRE

SUR

L'ÉLECTRICITÉ DES MINÉRAUX (1).

De toutes les recherches qui concourent au développement de la science minéralogique, et dont les unes tendent à l'enrichir de nouveaux faits, les autres ont pour but d'accroître son domaine en nous faisant connaître des productions jusqu'alors ignorées, il n'en est pas de plus heureuses, ni de plus intéressantes, que celles dont les résultats éclairent et font ressortir davantage les diverses parties de la méthode, en même temps qu'ils portent dans son ensemble cette justesse et cette régularité, qui, bien mieux que les observations qui ajoutent à son étendue, peuvent donner la mesure de ses progrès vers la perfection. Le minéralogiste, qui veut contribuer de tous ses efforts à faire prendre à la science une direction aussi avantageuse, ne doit rien négliger de tout ce qui peut amener une notion plus exacte et plus approfondie des corps inorganiques, de leurs propriétés et de leurs rapports mutuels; il doit les étudier sous toutes les faces qu'ils présentent; les suivre comparativement jusque dans le détail des phénomènes, pour saisir leurs différences les plus légères et dévoiler

(1) Ce mémoire a été rédigé par M. Delafosse, aide-naturaliste pour la minéralogie au Jardin du Roi, d'après les expériences faites, avec sa coopération, par M. Haüy, et les notes que ce professeur lui a communiquées.

leurs analogies les plus secrètes ; il doit s'attacher sur-tout à puiser dans le fond même des êtres de précieuses données sur leur nature, et des caractères propres à nous représenter ce qu'elle est sous ces dehors variables qui la déguisent de tant de manières, et nous exposent si souvent à la méconnaître. De tels caractères, loin d'être une surcharge pour la méthode qui s'en empare, ne font qu'ajouter de nouveaux traits, et donner plus d'expression et de coloris au tableau du règne minéral.

Les réflexions précédentes m'ont fait naître depuis long-temps l'idée de considérer plus particulièrement dans les minéraux la faculté qu'ils ont de se constituer à l'aide du frottement dans des états électriques, en rapport nécessaire avec leur constitution intime, et dont la diversité peut servir à accroître les moyens de distinction entre les espèces. J'ai pensé qu'il pourrait ne pas être indifférent de déterminer pour chacune d'elles, par des épreuves directes et précises, la nature de l'électricité qui lui est propre.

Le tome III des *Annales du Muséum d'Histoire naturelle* (1) contient un premier essai de ce genre de travail, dans lequel je m'étais borné à présenter la liste de vingt-trois substances métalliques, avec la simple indication du caractère que leur assignait l'électricité. J'ai repris récemment le même sujet sous un point de vue plus général, en y comprenant toutes les espèces du règne inorganique, et mes observations, qui semblaient faites d'abord pour rester isolées, se sont montrées, dans leur rapprochement,

(1) Pag. 309 et suiv.

soumises à des lois remarquables qui permettent de lire par avance le résultat de chaque épreuve dans le *facies* même du minéral qui en est l'objet.

Des expériences multipliées et comparées m'ont offert dans les diverses manières dont les électricités vitrée et résineuse s'unissent aux facultés isolante et conductrice, quatre combinaisons différentes, d'après lesquelles on peut sous-diviser l'ensemble des minéraux en autant de classes distinctes, et tellement circonscrites, que le caractère électrique propre à chacune d'elles se rattache à des propriétés physiques, communes à toutes les espèces qui la composent. Par une suite de cette liaison, et de la nature même de ces propriétés, qui dépendent de l'action des molécules propres des corps sur le fluide lumineux, la distribution dont il s'agit se rapproche en grande partie de l'ordre méthodique adopté par les minéralogistes. On ne verra peut-être pas sans intérêt, dans cette relation inattendue entre les phénomènes de la lumière et ceux de l'électricité, une correspondance et une association d'effets pour ainsi dire concertées, et qui semblent annoncer entre les causes elles-mêmes quelque lien qui nous échappe, ou déceler du moins dans les substances où elles se montrent une conformité plus étroite et de nouvelles ressemblances.

Les propriétés dont nous venons de parler ne s'observent pas constamment dans tous les individus d'une même espèce, et l'on doit s'attendre à rencontrer une variation analogue dans les résultats des épreuves relatives au caractère électrique. Pour citer un exemple, la trans-

parence, l'une des conditions nécessaires au développement de l'électricité vitrée dont la réunion avec la faculté isolante constitue le caractère propre des espèces de la première classe, existe dans la chaux carbonatée, dite *spath* d'*Islande;* mais elle disparaît entièrement dans celle que je nomme *saccharcïde* (marbre statuaire), et dans la variété compacte. Dans les cas de ce genre, la faculté isolante s'affaiblit par degrés, à mesure que la substance s'éloigne de son état de perfection, et finit bientôt par devenir nulle. L'électricité vitrée suit une pareille gradation, et à un certain terme elle fait place à l'électricité résineuse.

Il en est du caractère électrique, relativement aux variations qu'il éprouve dans une même espèce, comme de tous ceux qui dépendent non-seulement de l'essence des molécules, mais encore de leurs différens modes d'agrégation, et sont sur-tout influencés par les altérations que produisent les mélanges accidentels. La pesanteur spécifique et la dureté offrent aussi sous le même rapport des diversités plus ou moins grandes, à raison des causes particulières qui ont pu resserrer ou relâcher le tissu de la substance. On sait combien les couleurs sont elles-mêmes fugitives et trompeuses, et quelles oscillations la présence de principes étrangers peut faire naître dans les résultats de l'analyse. La forme primitive seule demeure invariable au milieu des nombreuses modifications que subissent les propriétés qui l'accompagnent, et l'importance dont elle est en elle-même s'accroît encore par ce défaut de fixité des autres caractères. Ceux-ci, pour être décisifs, pour

devenir vraiment spécifiques, ont besoin d'être ramenés à une sorte de limite, qui se rapporte au véritable type de l'espèce, ou à la substance dans son plus grand état de pureté possible. On ne peut donc espérer de rendre précise la détermination du caractère électrique, qu'en écartant, par un choix convenable des morceaux destinés aux expériences, les causes d'altération qui peuvent être inhérentes aux individus, ou en remédiant à celles qui ne sont qu'extérieures, et n'attaquent pas la nature intrinsèque du minéral.

Deux causes principales contribuent aux variations qu'éprouve le caractère dont il s'agit. L'une est le changement même de ces propriétés physiques, dont nous avons fait connaître l'accord avec les propriétés électriques, comme l'affaiblissement de la transparence si souvent offusquée, soit par le mélange d'une matière hétérogène interposée accidentellement dans la substance, soit par un dérangement de structure qui occasionne un aspect nébuleux. L'autre cause réside dans le tissu des surfaces, dans la perte du poli, qui seule suffit pour enlever au corps la faculté isolante, s'il en est doué, et y faire naître l'électricité résineuse par l'intermède du frottement. On peut remédier à celle-ci, en diminuant les aspérités et en rétablissant le poli, lorsque l'intérieur du corps n'a subi d'ailleurs aucune altération. Ainsi le quarz et la topaze, qui, à l'état de cristaux limpides, jouissent de la faculté isolante, et manifestent l'électricité vitrée, deviennent conducteurs et s'électrisent résineusement lorsque leur forme est arrondie, et leur surface terne et raboteuse. Mais ces

fragmens roulés, lorsqu'on leur rend peu-à-peu le poli, reprennent par degrés les états intermédiaires par lesquels ils avaient passé, et finissent par recouvrer entièrement leurs propriétés primitives avec tout leur éclat entre les mains du lapidaire.

Pour faire les expériences relatives au caractère électrique, j'isole, si cela est nécessaire, le morceau que je veux éprouver, en l'attachant avec de la cire ordinaire à l'extrémité d'un bâton de gomme-laque, ou de cire d'Espagne; puis, tenant ce bâton à la main, je passe à plusieurs reprises le fragment sur une étoffe de laine ou sur du drap, et je le présente successivement à deux appareils mobiles, où se trouvent développées d'avance les deux espèces d'électricité. Ces appareils extrêmement simples, dont j'ai donné en détail la description et les usages dans le *Traité des caractères physiques des pierres précieuses* (1), consistent, l'un dans un petit barreau de spath d'Islande suspendu librement à un fil de soie, et l'autre dans un bâton de cire d'Espagne, surmonté d'une pointe d'acier, qui sert de pivot à une aiguille de cuivre ou d'argent. Il ne faut que presser une seule fois entre deux doigts le barreau de spath, pour y faire naître une électricité vitrée très-sensible. Quant à l'aiguille métallique, on lui communique l'électricité résineuse à l'aide d'un bâton de cire d'Espagne, ou d'un morceau de succin que l'on a frotté, et qui lui transmet par le contact son fluide excédant. Quand le temps

(1) Paris, 1817, chez madame veuve Courcier, rue du Jardinet, quartier Saint-André-des-Arts.

est sec, on peut, pour plus d'uniformité, substituer au spath un appareil semblable au second, en se servant, pour le mettre à l'état électrique, d'une lame de verre de vitrier, que l'on fait passer à plusieurs reprises entre les doigts. On réussira même par un temps humide, si l'on a la facilité de présenter au feu pendant un instant la lame de verre avant de l'employer.

Des expériences aussi délicates exigent, de la part de celui qui les tente, une attention éclairée et soutenue, à laquelle leur succès est attaché. Je pense qu'on me saura gré d'indiquer ici les précautions utiles, ou même indispensables, pour obtenir le véritable résultat. Il est quelquefois nécessaire de frotter les corps à différens endroits de la laine ou du drap, lorsqu'ils éprouvent de la difficulté à s'électriser malgré leur isolement. Il faut aussi avoir soin de préférer la répulsion à l'attraction pour reconnaître l'espèce d'électricité dont le minéral s'est chargé; car il pourrait arriver que le corps que l'on présente à l'un des appareils désignés plus haut ne se fût pas électrisé, ou qu'ayant acquis d'abord de la vertu, il l'eût perdue ensuite et fût rentré dans l'état naturel; et comme il y aurait attraction, on se croirait en droit d'en inférer que la substance possède l'électricité opposée à celle qui réside dans l'appareil. Pour se mettre à l'abri de cette cause d'illusion, il faut commencer par présenter le corps à l'aiguille non isolée; s'il y a attraction, on sera certain qu'il est dans l'état électrique, et s'il attire ensuite l'aiguille électrisée, ce second effet indiquera dans le même corps l'existence d'une électricité contraire. Quant à la répulsion, elle fait con-

naître, dès le premier instant, que le fluide mis en action dans le minéral est le même que celui de l'appareil, puisque, s'il en était autrement, l'effet tout opposé aurait lieu. Mais il faut avoir l'attention de la saisir avant le terme où elle pourrait se changer en attraction, par suite de l'action qu'exerce l'aiguille sur le fluide naturel du corps soumis à l'épreuve.

Quelquefois même cette action est assez forte pour détruire instantanément l'état électrique que le frottement a fait naître, en sorte qu'on n'aperçoit pas le plus léger indice de répulsion, comme cela est arrivé à l'égard de quelques substances de la première classe, qui ne prennent qu'une faible électricité. J'ai imaginé, pour les cas de ce genre, un petit appareil d'une extrême sensibilité, et qui n'est autre chose qu'un poil de chat, fixé à l'extrémité d'un cylindre mince de cire d'Espagne ou de gomme-laque. Ce poil s'électrise vitreusement lorsqu'on le passe entre les doigts, et il suffit d'en approcher un minéral chargé d'une très-petite quantité de fluide, pour le voir aussitôt fléchir dans un sens ou dans l'autre, suivant que ce corps possède l'une ou l'autre électricité.

Je vais maintenant présenter le tableau de mes résultats, conformément à la distribution que j'ai annoncée, en le faisant suivre d'observations relatives aux espèces qui ont offert quelque particularité remarquable.

Tableau du règne minéral, considéré sous le rapport de l'électricité produite par le frottement.

PREMIÈRE CLASSE.

Substances transparentes et incolores dans leur état de perfection. Leur couleur, lorsqu'elle existe, dépend d'un principe accidentel. Elles ont la faculté isolante, et acquièrent, à l'aide du frottement, l'électricité vitrée.

PREMIER ORDRE.

Électriques aussi par la chaleur.

Magnésie boratée.
Silice fluatée alumineuse.
Axinite.
Tourmaline.
Mésotype.
Prehnite.
Zinc oxidé.
Titane silicéo-calcaire.

SECOND ORDRE.

Non électriques par la chaleur.

A. *Acidifères.*

Chaux carbonatée en rhomboïdes primitifs, dits *spath d'Islande.*
La même, magnésifère, laminaire du Saint-Gothard.
Arragonite.
Chaux phosphatée. Variété jaune verdâtre d'Espagne (spargelstein, W.).
Chaux fluatée.
Chaux sulfatée.
Chaux anhydro-sulfatée, laminaire de Bex en Suisse.
Baryte sulfatée.
Baryte carbonatée.
Strontiane sulfatée.
Strontiane carbonatée.
Magnésie sulfatée.
Chaux boratée siliceuse.
Potasse nitratée.
Potasse sulfatée.
Soude muriatée.
Glaubérite.

B. *Terreuses.*

Quarz-hyalin.
Zircon.
Corindon-hyalin.
Cymophane.
Spinelle.
Émeraude.
Euclase.
Dichroïte.

Grenat.
Essonite.
Idocrase.
Feldspath.
Apophyllite.
Amphibole; variétés, dites *actinote* et *trémolite*.
Pyroxène; variété du Piémont, dite *diopside*.
Épidote.
Stilbite.
Analcime.
Néphéline.
Disthène.
Mica.
Macle.

C. *Combustibles*.

Diamant.

D. *Métalliques*.

Plomb carbonaté.
Plomb sulfaté.
Schéelin calcaire.
Zinc carbonaté.
Étain oxidé.

Les espèces suivantes n'ont été placées ici que d'après l'analogie.

Magnésie carbonatée.
Soude boratée.
Ammoniaque muriatée.
Alumine sulfatée alcaline.
Alumine fluatée alcaline.
Wavellite.
Triphane.
Pétalite.
Staurotide.
Hypersthène.
Wernerite.
Paranthine.
Diallage.
Anthophyllite.
Laumonite.
Sodalite.
Chabasie.
Harmotome.
Pinite.
Dipyre.
Asbeste.

Appendice.

Substances dont le caractère propre est l'électricité résineuse, jointe à l'onctuosité de la surface; elles jouissent, comme les espèces de la première classe, de la faculté isolante, lorsqu'elles sont transparentes et incolores (1).

Talc laminaire.
Talc granuleux?
Talc glaphique?

---

(1) Voyez les observations ci-après.

SECONDE CLASSE.

Substances douées d'une couleur propre, dépendante de leur nature, ayant la faculté isolante dans quelqu'état qu'elles soient, et acquérant, à l'aide du frottement, l'électricité résineuse; l'anthracite est la seule qu'il soit nécessaire d'isoler pour qu'elle s'électrise (1).

Soufre.
Bitume.
a. Glutineux.
b. Solide.
c. Élastique.
d. Subluisant.
Rétin-asphalte.
Succin.
Mellite.
Anthracite.

TROISIÈME CLASSE.

Substances essentiellement opaques, douées de l'éclat métallique, ou susceptibles de l'offrir à l'aide du poli, conductrices, et acquérant, lorsqu'elles sont isolées et frottées, les unes l'électricité vitrée, et les autres la résineuse (2).

PREMIER ORDRE.

Électriques vitreusement.

Argent pur.
Argent natif.
Argent monnayé.
Plomb pur.
Cuivre pur
Cuivre natif.
Cuivre monnayé.
Zinc pur.
Laiton.
Bismuth natif.
Mercure argental.

(1) On a exclu du tableau le jayet, qui offre des traces si visibles de son origine végétale, et la houille, qui semble appartenir plutôt à la géologie qu'à la minéralogie proprement dite.

(2) On a compris dans cette classe les principaux métaux amenés par l'affinage à l'état de pureté, ainsi que plusieurs alliages employés dans les arts.

SECOND ORDRE.

Électriques résineusement.

A. *Ayant naturellement l'éclat métallique.*

1. *Espèces simples.*

Platine pur.
Platine natif.
Palladium.
Or pur.
Or natif.
Or monnayé.
Nickel pur.
Fer natif.
Fer forgé.
Étain pur.
Amalgame d'étain et de mercure, dont on enduit les glaces.
Arsenic natif.
Antimoine pur.
Antimoine natif.
Tellure auro-plombifère (or de Nagyag).

2. *Combinaisons de deux métaux.*

Argent antimonial.
Nickel arsenical.
Fer arsenical.

3. *Métaux combinés avec l'oxigène.*

Fer oxidulé.
Manganèse oxidé métalloïde.

4. *Métaux unis à un combustible.*

Argent sulfuré.
Plomb sulfuré.
Cuivre pyriteux.
Cuivre gris (1).
Cuivre sulfuré.
Graphite (fer carburé).
Fer sulfuré commun.
Fer sulfuré blanc.
Fer sulfuré magnétique.
Étain sulfuré.
Bismuth sulfuré.
Manganèse sulfuré.
Antimoine sulfuré.
Molybdène sulfuré.

5. *Métaux combinés avec un acide.*

Fer chromaté.

B. *N'offrant pour l'ordinaire qu'une tendance vers l'éclat métallique, qu'elles acquièrent sensiblement à l'aide du poli.*

Fer oxidé.
Fer silicéo-calcaire (yénite) (2).

---

(1) Il est probable que cette espèce n'est autre chose qu'un cuivre pyriteux mélangé d'arsenic et d'antimoine.

(2) On a placé ici l'yénite par un motif semblable à celui qui a fait ranger dans le genre du titane l'espèce qui porte le nom de *silicéo-calcaire*.

Cobalt oxidé noir.
Urane oxidulé.
Schéelin ferruginé.
Tantale oxidé.
Le *même*, yttrifère.
Cérium oxidé noir.

QUATRIÈME CLASSE.

Substances douées d'une couleur propre, dépendante de leur nature, susceptibles de transparence dans leur état de perfection. La faculté isolante est limitée aux variétés qui se rapprochent de cet état.

PREMIER ORDRE.

Susceptibles d'offrir par réflexion le brillant métallique, et par réflexion et réfraction à-la-fois une couleur plus ou moins vive. La différence dépend du poli de la surface (1). *Toutes acquièrent l'électricité résineuse à l'aide du frottement.*

Couleur rouge par transparence.

Argent antimonié sulfuré.
Mercure sulfuré.
Cuivre oxidulé.
Fer oligiste.
Arsenic sulfuré.
Titane oxidé.

Couleur bleue par transparence.

Titane anatase.

SECOND ORDRE.

Privées de l'éclat métallique. Presque toutes acquièrent l'électricité résineuse à l'aide du frottement (2).

Mercure muriaté.
Plomb chromaté.
Plomb phosphaté.
Plomb molybdaté.
Cuivre carbonaté vert.
Le *même*, d'une couleur bleue.
Cuivre arseniaté.
Cuivre dioptase.

(1) Voyez les observations ci-après.

(2) Il ne faut en excepter que le cuivre carbonaté vert, qui assez souvent est isolant et acquiert l'électricité vitrée.

Cuivre phosphaté.
Cuivre hydraté.
Cuivre sulfaté.
Fer phosphaté.
Fer arseniaté.
Fer sulfaté.
Zinc sulfuré.
Cobalt arseniaté.
Urane oxidé.

Espèces dont la classification est douteuse.

Antimoine oxidé blanc.
Cérium oxidé rouge.

ANNOTATIONS RELATIVES AUX DIFFÉRENTES CLASSES.

PREMIÈRE CLASSE.

J'ai déjà eu l'occasion de remarquer que le caractère électrique, sur lequel cette classe est fondée, ne s'étendait pas à toutes les variétés d'une même substance. Le passage à l'état résineux a lieu plus ou moins rapidement, suivant la diversité des espèces. Dans celle du disthène, il ne tient, pour ainsi dire, qu'à de simples nuances; en sorte que de deux cristaux qui possèdent la propriété isolante, et ne présentent qu'une légère différence dans le poli, l'un acquiert l'électricité vitree, tandis que l'autre manifeste l'électricité résineuse. J'ai même observé ces effets contraires sur les pans opposés d'un cristal de ma collection, et je ne puis assigner d'autre cause à ce résultat singulier, qu'une certaine altération dans la contexture de l'une des surfaces. A l'égard de la chaux carbonatée, la faculté isolante et l'électricité vitrée se montrent encore, mais beaucoup plus faibles, dans des morceaux dont la transparence est offusquée par une teinte de blanchâtre. Un fragment de marbre de Carrare, que j'ai trouvé conducteur, s'électrisait vitreusement lorsque je le frottais sur une face unie et sans aspérités, et résineu-

sement lorsque le frottement agissait sur les parties brutes et raboteuses. Mais un morceau compacte de la même substance, taillé en forme de plaque, et dont les grandes faces avaient reçu un assez beau poli, acquérait sur l'une et sur l'autre l'électricité résineuse.

Lorsque le passage à l'état résineux n'est occasionné que par la perte du poli, comme dans les corps ordinairement transparens, et qui depuis ont été roulés et arrondis, tantôt la faculté isolante subsiste encore au terme où ce passage a lieu, tantôt la propriété conductrice et l'électricité résineuse paraissent simultanément. Ainsi une topaze roulée et translucide, que l'on tient entre les doigts, donne, à l'aide du frottement, des signes d'électricité résineuse, tandis qu'un cristal de roche roulé, plus translucide encore que la topaze, a besoin d'être isolé pour acquérir de la vertu.

On a pu remarquer, en parcourant la série des espèces de la première classe, qu'elle offre la réunion de tous les minéraux connus susceptibles de s'électriser par la chaleur. Il est heureux devoir l'électricité multiplier ainsi les points de contact entre des substances qu'elle avait déjà si fortement rapprochées, et confirmer par-là l'importance dont nous a paru digne la considération des phénomènes auxquels cet agent physique donne naissance.

L'épreuve relative au zinc oxidé demandait une attention particulière, parce que ce minéral étant habituellement électrique par l'action de la température ordinaire, il fallait éviter de confondre l'effet résultant de cette action avec celui que le frottement fait naître. Pour lever toute

équivoque, et obtenir séparément ce dernier effet, j'ai fait choix d'un morceau, de forme prismatique, qui jouissait des propriétés connues, savoir de manifester à ses extrémités les deux électricités contraires, et cela de manière que la partie intermédiaire était sensiblement dans l'état naturel. Cette partie, ayant été frottée, a donné des signes d'électricité vitrée.

J'ai placé à la fin de la première classe un certain nombre d'espèces, dont le rapprochement avec les autres n'est indiqué que par l'analogie. Mais telle est la force de cette analogie, qu'il ne me paraît pas douteux que ces corps, lorsqu'on les rencontrera dans leur état de perfection, ne se montrent doués des propriétés relatives à la classe dont il s'agit. Cette attente a même été justifiée durant mon travail à l'égard de plusieurs espèces, qui, après avoir résisté pendant quelque temps aux épreuves du caractère, ont fini par rentrer sous ses lois, aussitôt qu'elles se sont offertes à mes observations dans toute leur pureté.

Cette partie du tableau est terminée par un appendice, où sont réunies plusieurs substances qui ont des rapports avec les précédentes, mais qui s'en distinguent par l'onctuosité de leur surface, à laquelle il faut sans doute attribuer le changement de nature qu'on observe dans l'électricité. On pourra par la suite, si leur nombre augmente, en former une sous-division à part; mais j'ai cru devoir les laisser ici comme en réserve, jusqu'à ce que les découvertes ultérieures aient amené cette nouvelle classification.

SECONDE CLASSE.

Elle est remarquable par la constance et la généralité des caractères qui la déterminent, et qui s'étendent à des variétés dans lesquelles on n'aurait pas soupçonné l'existence de la faculté isolante. Je citerai, pour exemple, le bitume élastique du Derbishire, qui, malgré son état de flexibilité ou de mollesse, s'électrise d'une manière très-sensible par le frottement, lors même qu'on le tient entre les doigts.

TROISIÈME CLASSE.

Parmi les substances de cette classe qui acquièrent l'électricité résineuse à l'aide du frottement, la plupart des sulfures, tels que ceux d'argent, de cuivre, de plomb, etc., se font remarquer par l'énergie de leur vertu. Il semble que ce développement de force soit dû à la présence du soufre, qui joint ici l'action qui lui est propre à celle des métaux qui lui sont associés.

QUATRIÈME CLASSE.

Les substances qui composent le premier ordre, telles que l'argent antimonié sulfuré, le mercure sulfuré, etc., méritent de fixer l'attention par la double propriété qu'elles ont de pouvoir offrir, tantôt le brillant métallique par réflexion, tantôt par réflexion et par réfraction, une couleur plus ou moins vive; en sorte qu'on peut faire naître à volonté l'une ou l'autre, en variant le poli de la surface. Lorsqu'il est d'une grande vivacité, le corps réunit à l'opacité le brillant métallique. A mesure que le poli s'affaiblit, le corps devient susceptible d'offrir sous différens aspects ce même éclat, qui seulement est moins intense, et une couleur ordinairement

rouge, qui a lieu par réflexion et par réfraction à-la-fois, et enfin lorsque le poli est altéré à un certain point, le rouge se montre seul. La variation dont je viens de parler esttrès-sensible dans le fer oligiste.

Le brillant métallique a ordinairement une teinte de bleu. Or, le rouge étant la couleur complémentaire du bleu, l'effet dont il s'agit est du genre de ceux que produisent différens corps susceptibles de réfléchir et de réfracter deux couleurs qui sont complémentaires l'une de l'autre. C'est l'analogue de ce qu'on observe dans le phénomène des anneaux colorés.

L'arsenic sulfuré est dans un cas particulier. Sa variété rouge, telle qu'on la trouve dans la nature, est ordinairement dépourvue de l'éclat métallique; mais on peut faire naître cet éclat en limant la surface. A l'égard de la variété jaune, dont l'identité avec la précédente me paraît bien démontrée (1), l'éclat de sa cassure se rapproche du métallique (2), et d'ailleurs sa différence avec l'autre n'étant qu'accidentelle, l'exception qui en résulterait ne dérogerait pas au caractère principal que présente la variété rouge.

J'ai supposé que la couleur proprement dite, vue par transparence dans le titane anatase, était le bleu; c'est en effet d'après cette couleur que les anciens minéralogistes ont appelé *schorl bleu* (3) la substance dont il s'agit.

---

(1) Voyez les *Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*, tome XVI, pag. 19 et suiv.

(2) JAMESON, *System of Mineralogy*, tome III, pag. 534.

(3) DE L'ISLE, *Cristallogr.*, tome II, pag. 406.

EXTRAIT D'UN MÉMOIRE

Sur l'emploi de la BLENDE *dans la fablication du laiton, adressé, le 31 janvier 1818, à M.* BECQUEY, *conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines;*

PAR M. BOUCHER fils, manufactnrier à l'Aigle, et membre du conseil général des fabriques et manufactures de France.

LA France, depuis long-temps tributaire de l'étranger pour le laiton, n'était point parvenue jusqu'ici à naturaliser cette branche d'industrie importante, soit que le Gouvernement eût négligé de faire faire des recherches pour découvrir sur son sol les élémens nécessaires à cette fabrication, soit qu'elles aient été infructueuses, soit enfin que la possession de la Belgique et des provinces en deçà du Rhin pendant plus de vingt ans, dont le produit des fabriques de laiton excédait nos besoins, l'ait détourné de ce projet, dans la pensée que ces conquêtes ne nous échapperaient plus; il était réservé à des événemens extraordinaires de déterminer l'époque, où notre patrie, réduite à ses anciennes limites, et dès-lors privée d'une infinité de produits industriels, devait faire de grands efforts pour les conquérir et les acclimater.

En 1800, il n'existait dans l'ancienne France (1)

(1) La fabrique de Fromelennes, près Givet, existe depuis seize ans; celle d'Anthée, près Dinant, département de Sambre et Meuse, ne date encore que de dix ans. (*R.*)

aucune fabrique de laiton, et mon père songea le premier à introduire cette fabrication dans le département de l'Orne; il éprouva d'abord beaucoup de difficultés, et il ne dut ses premiers succès qu'à une persévérance et une ténacité sans exemple. Privé de toutes les substances qui concourent à la confection du laiton, il se borna pendant plusieurs années à la refonte de vieux cuivres jaunes, dont il fabriquait ensuite du fil de laiton d'assez bonne qualité dans un établissement formé à-peu-près à la même époque à Chanday, près de l'Aigle.

Ce système, purement transitoire, ne pouvait être de longue durée; les vieux cuivres augmentèrent tellement de prix, par cela seul qu'ils devinrent plus rares, qu'il fut bientôt dans l'obligation d'établir des fonderies de cuivre jaune sur des bases moins précaires, plus fixes, et d'après les mêmes principes que celles de Suède, de Stolberg et de Namur.

En 1806, il établit des fonderies à Charleroi, département de Jemmapes, dans lesquelles il combinait le cuivre en rosette, avec la calamine du Limbourg, pour en obtenir du laiton, dont il écoulait les produits fabriqués en concurrence avec ceux des étrangers, et c'est à cette époque qu'il me céda la direction de ses établissemens, à la perfection et à l'accroissement desquels j'ai apporté tous mes soins, au point d'atteindre en qualité les meilleures fabriques étrangères: mais il me restait beaucoup à faire, j'avais perfectionné cette fabrication sans la rendre indépendante de l'étranger, sans affranchir la France du tribut qu'elle lui paye annuellement; il y avait beaucoup de difficultés

à surmonter, on ne connaissait sur notre sol que quelques traces de calamine, et les premiers travaux auxquels elles avaient donné lieu avaient bientôt détruit l'espoir de les exploiter avec quelques succès; les divers renseignemens que je m'étais procuré à cet égard, et les recherches que j'avais faites de toutes parts, ne m'avaient donné aucun résultat satisfaisant.

En 1814, mes fonderies se trouvaient encore à Charleroi, devenu l'apanage du royaume des Pays-Bas, et, dans la persuasion que je serais peut-être un jour forcé de rentrer en France, j'avais, d'après diverses indications, pris le parti de faire quelques recherches dans les environs de Philippeville, alors département des Ardennes; j'y trouvai effectivement un gisement de calamine, qui, quoique moins riche que celle du Limbourg, pouvait la remplacer à tout événement; l'emploi de quelques milliers de cette substance dans mes fonderies m'avaient entièrement tranquillisé, lorsque les événemens de 1815 firent rentrer ce territoire sous la domination des Pays-Bas, et vinrent frustrer toutes mes espérances; enfin, dans la courant de l'année qui vient de s'écouler, l'engagement que je fus forcé de prendre avec la direction générale des douanes, de rentrer mes fonderies des Pays-Bas en France à une époque déterminée, me mettait dans la cruelle alternative d'abandonner cette branche d'industrie pour laquelle j'avais déjà fait tant de sacrifices, si je ne trouvais pas incessamment le moyen de remplacer la calamine du Limbourg que le roi des Pays-Bas menaçait de prohiber à la sortie.

Le besoin extreme de sortir de cette position pénible me fit redoubler mes recherches, et, à l'aide de renseignemens que j'obtins des soins obligeans de M. Duhamel, inspecteur général au corps royal des mines, je me déterminai, dans les premiers jours d'octobre dernier, à prier M. Becquey, directeur général des ponts et chaussées et des mines, de vouloir bien envoyer un ingénieur à Pompean, près de Rennes, département d'Ille et Vilaine, afin de m'aider dans la reconnaissance des blendes qui devaient se trouver sur les déblais de l'ancienne exploitation de mine de plomb.

Sans oser me flatter de quelques succès en songeant à l'emploi de la blende, vu la difficulté d'en séparer complétement le soufre, dont la plus petite quantité dans la combinaison avec le cuivre, si elle avait lieu, présenterait de graves inconvéniens, je ne balançai pas à faire des démarches pour m'en assurer; ma demande fut accueillie avec l'empressement d'un administrateur zélé, ami des arts, et jaloux de concourir aux progrès de l'industrie, M. Becquey voulut bien sur-le-champ donner l'ordre à M. Chéron, ingénieur des mines de cet arrondissement, de se rendre sur les lieux. Je l'y trouvai au moment où j'y arrivai moi-même, et, conjointement avec lui, nous reconnûmes effectivement des blendes dans les déblais de l'ancienne exploitation, dont nous fîmes ramasser 5 à 600 kilogrammes, afin d'être à même de procéder à des essais réitérés et en grand.

J'en adressai environ un kilogramme à M. Berthier, professeur de docimasie à l'école royale des mines de Paris, en l'engageant à procéder

sans délai à l'analyse de cette substance, et à mon retour de Rennes, je m'occupai de mon côté à la traiter avec du cuivre; après l'avoir grillée, en imitant en petit le procédé qu'on suit dans ma fabrique; j'obtins une bande de laiton du poids de 245 grammes, et qui devait contenir 186 de cuivre et 59 de zinc.

J'ai fait allonger cette bande de laiton au laminoir, afin de lui donner du nerf et de la malléabilité, et après l'avoir coupée en bandes de 3 millimètres de largeur sur 2 d'épaisseur, je les ai fait tirer, et j'en ai obtenu du fil de laiton de la plus belle couleur et d'une qualité au moins égale à celui fabriqué avec de la calamine de la vieille montagne (Limbourg). Ce résultat, tout satisfaisant qu'il me parût, n'était cependant pas de nature à me fixer irrévocablement sur l'emploi ultérieur de cette substance dans mes établissemens; j'avais d'ailleurs l'intention de procéder à des essais en grand, afin de connaître plus exactement la marche et les résulats de la combinaison de la blende avec le cuivre rouge, et d'observer ensuite dans mes usines la réduction de ce laiton en planches et en fil sur une fabrication de plusieurs quintaux.

Je me rendis à Paris dans les premiers jours de novembre dernier, et je remis à M. Becquey le procès-verbal de mes essais, ainsi que les échantillons de fil de laiton que j'en avais obtenus, en sollicitant de son obligeance l'intervention d'un ingénieur des mines pour assister aux essais en grand que je me proposais d'aller faire dans mes fonderies de cuivre, et en constater les résultats d'une manière authentique.

Ma proposition fut accueillie avec tout l'intérêt que devait inspirer cette découverte, et M. Berthier fut choisi pour aller suivre cette opération. En observant que M. Becquey attachait beaucoup d'importance à connaître les résultats de ces essais, et qu'il désirait m'adjoindre un ingénieur des mines sur le mérite et les connaissances duquel il pût entièrement se reposer, c'est assez dire que son choix ne laissait rien à désirer.

Je me rendis le 22 novembre dernier à Jemmapes avec mon collaborateur; j'y fis transporter environ 400 killogrammes de blende, et nous procédâmes à nos essais (1).

Les divers essais ont été réitérés pour s'assurer de leur exactitude, et ils ont offert, à très-peu de différence près, les mêmes produits; le laiton paraissait très-nerveux, et surtout d'une très-belle couleur; la fusion et la combinaison n'ont exigé ni plus de combustible, ni plus de temps qu'en procédant avec de la calamine, et il est évident, d'après les résultats obtenus, et d'après les analyses faites par M. Berthier, que la blende grillée est éminemment plus riche en zinc métallique que la calamine de la vieille montagne. Il ne restait plus qu'une incertitude sur le résultat de ces essais; il était indispensable, pour compléter l'opération, de s'assurer si ces laitons auraient assez de ténacité pour supporter l'opération du laminage et du tirage, et si après avoir été réduits en planches et en fils, ils pourraient être facilement

(1) Nous renvoyons pour le détail de ces essais au rapport de M. Berthier, qui sera inséré dans la prochaine livraison. (*Note des Rédacteurs.*)

soumis à toutes les élaborations auxquelles ils sont destinés dans le commerce.

J'ai fait laminer *les plates* (1) dans mon établissement de Courteille, département de l'Eure; elles ont conservé toute leur malléabilité pendant le travail, et j'ai obtenu des planches de 65 centimètres de largeur sur 130 de longueur dans des poids différens, et notamment quelques-unes qui pesaient moins de 3 kilogrammes. Plusieurs d'entre elles ont ensuite été soumises à diverses manipulations; elles ont supporté la soudure, le forage, le sciage, etc., sans laisser apercevoir aucun de ces défauts que l'on reproche habituellement aux cuivres jaunes tendres et gras.

Les *planches à fil* (2) ont été fabriquées dans mon établissement de Chanday, département de l'Orne; elles se sont bien laminées, bien fendues, et ont supporté à la filière le même trait que le laiton de ma fabrication ordinaire; le fil de laiton qui en est résulté a été descendu jusqu'en n°. *carcasse;* sa finesse indique assez jusqu'à quel point il est malléable, et sa couleur d'un jaune blond ne laisse rien à désirer.

J'en ai fait ensuite fabriquer des épingles, qui ont été étamées avec de l'étain de la Haute-Vienne que M. Berthier m'avait engagé à faire essayer; et sa qualité, d'après les observations que j'ai eu occasion de faire moi-même, et d'après l'avis des ouvriers, ne présente aucunes nuances qui la fasse différer de celle de l'étain-Malaca (Inde) que l'on emploie habituellement

(1) Laiton en planches, destiné à être employé en feuilles.

(2) Laiton en planches, destiné à être tiré à la filière.

à cet étamage, et qui ne pourrait être remplacé par aucune autre qualité. Quant aux épingles et aux élastiques, leur inspection justifiera la bonté du fil de laiton dont on s'est servi pour les fabriquer (1).

Jusqu'ici la blende n'avait été exploitée que parce qu'elle se trouve presque toujours adhérente à la galène dans les mines de plomb, et qu'on ne peut l'en séparer que par le lavage; loin d'voir eu un but d'utilité, elle était au contraire regardée comme une substance nuisible dans les minerais avec lesquels elle se trouve mélangée : maintenant elle va présenter presqu'autant d'intérêt que la galène elle-même. Les gisemens de blende en France sont de nature à suffire à tous nos besoins; les concessionnaires de mines de plomb trouveront une nouvelle ressource dans l'exploitation de cette substance, et l'industrie française une conquête qui donnera annuellement plusieurs millions en faveur de la balance de notre commerce.

Avant de terminer ce Mémoire, je dois un juste tribut de reconnaissance à M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, qui, par son empressement à favoriser mes recherches, à encourager mon zèle et à m'aider dans cette opération, a assuré le succès de cette intéressante application.

(1) M. Boucher a déposé au cabinet de l'école royale des mines, rue d'Enfer, une collection complète et fort intéressante des produits de ses usines.

NOTE

Sur le Cadmium, *nouveau métal extrait de préparations d'oxide de zinc; rédigée par* M. Gillet de Laumont.

Les découvertes en minéralogie et en chimie se succèdent assez rapidement; le *pétalite* a été retrouvé à Utö par M. Suedenstierna; un nouvel alcali, le *lithion*, nommé par M. Berzélius, a été découvert dans le *pétalite* et dans le *triphane* de Suède par M. Arfverson; le même alcali a été reconnu par M. Vauquelin dans le *triphane du Tyrol*, récemment découvert par M. Léonhard, ainsi que le *tantalite*; la description et l'analyse de ces deux dernières substances, qui jusqu'ici n'étaient connues qu'en Suède, viennent d'être publiées à Munich par MM. Vogel et Léonhard. Nous avons indiqué ces richesses nouvelles dans la 1re. livraison des *Annales des Mines* pour 1818 pag. 115; nous avons aujourd'hui à annoncer la découverte d'un métal nouveau, nommé *Cadmium* par M. Stromeyer, tiré des préparations pharmaceutiques d'oxide de zinc, et découvert par ce savant à Gottingue et par M. Hermann père, habitant près de Magdebourg (1).

Ce métal avait d'abord été observé par M. Stromeyer, en visitant les préparations de zinc de quelques pharmacies d'Hanovre; il paraît qu'il fut ensuite reconnu à Magdebourg par des

(1) Je tiens les renseignemens que je vais publier de l'amitié de M. Hermann fils, jeune chimiste très-instruit.

commissaires du gouvernement prussien qui visitaient aussi des pharmacies. La couleur jaune du sulfure de ce métal l'ayant fait prendre pour de l'arsenic, et cette substance paraissant venir de la fabrique des produits chimiques de M. Hermann père, il lui fut fait défense d'en livrer davantage dans le commerce. M. Hermann se mit aussitôt à examiner ce produit chimique, et y trouva, au lieu d'arsenic, un *corps nouveau*, qu'il communiqua de suite à M. Stromeyer, en lui en envoyant des matières dont il l'avait retiré, et le priant de répéter ses expériences. Ce savant reconnut aussitôt la substance qu'il avait déjà observée vers la fin de 1817, fit de nouveaux essais avec les produits que lui avait envoyés M. Hermann, et constata la découverte de ce nouveau métal, auquel il donna le nom de *Cadmium* (1).

Cette substance, envoyée depuis peu par M. Hermann père à M. Héron de Villefosse, qui l'a montrée à la séance du conseil général des mines le 11 juin 1818 (2), étoit en cinq états différens : en *carbonate gris mêlé de blanc*, et de quelques parcelles brillantes de métal ; en *carbonate blanc* ; en *métal blanc* de *Cadmium* sublimé dans un tube de verre, et obtenu de la réduction de ce métal avec de la poudre de charbon et un peu de suif ; on remarque, dans la partie intérieure de la couche qui tient au

(1) Ce nom vient du grec καδμεια, et rappelle celui français *cadmie*, *tutie*, quelquefois *spode*, qui sont des oxides de zinc qui s'attachent dans les cheminées des fourneaux où l'on traite des matières qui contiennent ce métal.

(2) Je l'avais annoncé, et j'en avais présenté plusieurs préparations à la séance du conseil du 4 du même mois.

tube, de très-petites lames cristallines éclatantes; en *petits grains métalliques* isolés; enfin, en *sulfure d'un beau jaune*.

Les propriétés les plus caractéristiques que l'on connaisse jusqu'ici de ce métal paraissent être,

1°. Que les *carbonates blancs et gris*, étant traités dans des vaisseaux fermés avec du charbon, se réduisent parfaitement en un métal blanc extrêmement ductile, ayant une couleur éclatante intermédiaire entre celle de l'étain et de l'argent;

2°. Que ce métal, chauffé à l'air libre, y prend une *couleur jaunâtre*; cet oxide ne colore pas le borax, il se comporte comme base salifiable, et forme des sels incolores;

3°. Que ses dissolutions, *précipitées par l'hydrosulfure de potasse, ou par l'acide hydrosulfurique*, donnent un *beau jaune* (1), analogue à celui du *chromate de plomb*, si susceptible d'être altéré par des émanations du gaz hydrogène sulfuré qui sera peut-être plus propre au lavis, et certainement plus durable.

Il serait très-utile de connaître les matières d'où l'on a d'abord retiré ce métal, ainsi que leur origine, avec le procédé que l'on a suivi pour en séparer les carbonates qui le contien-

---

(1) L'acide hydrosulfurique précipitant le *cadmium* et non le zinc pourrait servir à la séparation de ces deux métaux, qui paraissent jusqu'à présent ne différer l'un de l'autre que par cette seule propriété. Ce métal est volatil comme le zinc, et jouit comme lui d'une propriété puissante galvanique, ainsi que je m'en suis assuré après en avoir laminé une petite portion.

nent, on pourrait alors avoir l'espoir de découvrir les minerais d'où il provient.

On dit que l'on a trouvé à Breslaw un nouveau métal dans des préparations d'oxide de zinc, auquel on a donné le nom de *Chelanium*, qui est peut-être la même chose que celui dont nous venons d'indiquer quelques propriétés.

P. S. M. Gay-Lussac vient de réduire le *Cadmium* en un petit lingot dans son laboratoire, avec M. Hermann fils qui lui a apporté des carbonates qui le contenaient, et qui lui avaient été envoyés par M. son père. M. Gay-Lussac a lu à l'Académie royale des Sciences, le 15 juin dernier, une note à ce sujet; il se propose de faire d'autres expériences sur ce nouveau métal.

RECHERCHES

Sur les causes qui déterminent les variations des formes cristallines d'une même substance minérale ;

PAR F. S. BEUDANT, Sous-Directeur du cabinet de minéralogie particulier du ROI.

§ 1. L'ÉTUDE des substances minérales, ou en général des matières inorganiques, susceptibles de cristallisation, nous a fait connaître depuis longtemps qu'une même espèce de corps peut se présenter sous des formes cristallines plus ou moins variées, et souvent même très-éloignées en apparence les unes des autres.

On sait, par exemple, que plusieurs espèces minérales se présentent sous la forme cubique (la soude muriatée (*), la chaux fluatée, le

(*) J'ai conservé ici la nomenclature minéralogique, telle qu'elle a été établie il y a plusieurs années par M. Haüy, parce qu'elle est généralement admise parmi les naturalistes français. Je sais que, fondée autant qu'il était alors possible sur la connaissance de la composition des corps, elle doit nécessairement éprouver quelques changemens par suite des nouvelles découvertes de la chimie ; mais je pense que ce n'est pas ici le lieu d'introduire des innovations qui ne seraient pas généralement entendues, et pourraient entraîner des discussions tout-à-fait étrangères à mon sujet.

Je ferai cependant remarquer que, pour se conformer à l'état actuel de la chimie, il faudrait introduire dans la minéralogie un langage fort incommode dans son usage. Ainsi pour être exact, il faudrait dire *chlorure de sodium*, ou *deuto-hydro-chlorate de sodium* (soude muriatée, *Haüy*). *Sur-proto-sulfate d'aluminium, d'ammoniaque et de deutoxide de*

fer sulfuré, en sont des exemples communs): Mais on les trouve aussi sous d'autres formes; ainsi on connaît également dans plusieurs d'entre elles l'octaèdre régulier, le dodécaèdre rhomboïdal, le trapézoèdre (solide à vingt-quatre faces trapézoïdales), l'icosaèdre, etc., et un grand nombre de formes composées, dans lesquelles domine ordinairement l'un des solides que nous venons de citer.

Pour prendre un exemple plus frappant encore des nombreuses variations de formes dont une même espèce est susceptible, nous rappellerons celles que présente la chaux carbonatée. Cette substance offre en général trois formes dominantes très-distinctes.

1°. *Des rhomboèdres* (solide symétrique, composé de six faces rhombes égales, subordonnées à un axe).

2°. *Des dodécaèdres symétriques bipyra-*

---

potassium (*vulg.* alun). *Sous-deuto-borate de sodium* (*vulg.* borax). *Proto-hydro-fluate de calcium* (Chaux fluatée, *Haüy*, anciennement spath fluor.) *Sous-proto-hydro-fluate de silicium et d'aluminium* (*vul.* topaze), etc. Or, ces expressions sont des phrases caractéristiques plutôt que des noms; et elles ne me paraissent pas plus convenir pour désigner habituellement un minéral, que la description anatomique ne conviendrait pour désigner tel ou tel animal. Il me semble que si, malgré les progrès immenses de l'anatomie comparée, on a scrupuleusement conservé des noms simples dans les méthodes zoologiques, on devrait aussi, sur-tout dans la nécessité de modifier en quelques points la nomenclature actuelle, adopter en minéralogie des noms simples et indépendans des progrès de la chimie. Les expressions chimiques seraient ensuite employées comme une exposition abrégée d'un des caractères de la substance, de la même manière que les détails anatomiques sont employés dans les caractères distinctifs des différentes familles d'animaux.

midaux (composés de douze faces triangulaires ordinairement scalènes).

3°. *Des prismes hexaèdres réguliers.*

Mais chacun de ces genres de formes présente en outre plusieurs variétés différentes : il y a des rhomboèdres et des dodécaèdres très-aigus, d'autres très-surbaissés, et plusieurs intermédiaires entre ces deux extrêmes. Il y a plus encore, toutes ces formes simples se combinent entre elles de différentes manières, deux à deux, trois à trois, etc., et il en résulte un nombre presque effrayant de cristaux divers, plus ou moins compliqués.

Le résultat de ces exemples, qu'on pourrait multiplier beaucoup, d'après le nombre des corps cristallisables connus, est qu'il existe une multitude de variations dans les formes cristallines qui se rapportent à une même espèce, d'ailleurs bien déterminée par tous ses autres caractères.

§ 2. Malgré cette diversité de cristallisation, il existe, entre les différentes formes qu'une même espèce de corps est susceptible d'affecter, des relations constantes que M. Haüy est parvenu à établir rigoureusement par des considérations physiques et géométriques fort simples.

On sait que M. Haüy a été conduit, par suite de la division régulière dont quelques cristaux sont susceptibles, à imaginer dans chaque espèce *une forme fondamentale* ou *primitive*, de laquelle il fait dériver toutes les autres formes de la même substance par des lames de superposition qui décroissent régulièrement suivant différens modes et d'après certaines lois. Il a

ainsi établi géométriquement les relations des différentes formes entre elles et avec la forme fondamentale, déterminé les angles sous lesquels les diverses facettes d'un cristal se rencontrent, et enfin découvert plusieurs propriétés géométriques qu'on n'avait pas même soupçonnées dans ces polyèdres naturels.

§ 3. Mais quelque satisfaisante que soit cette théorie de structure, pour nous faire concevoir comment des formes, en apparence si étrangères les unes aux autres, peuvent se rencontrer dans la même substance, il n'en reste pas moins un voile épais sur les causes mêmes qui déterminent tel corps à affecter en cristallisant tantôt le cube, tantôt l'octaèdre, tantôt le dodécaèdre ou le trapézoèdre, etc. ; tel autre corps à affecter dans un cas telle sorte de rhomboèdre plutôt que telle autre ; à prendre ici la forme de tel ou tel dodécaèdre plus ou moins surbaissé, là le prisme hexaèdre régulier, ou enfin des formes plus ou moins compliquées, qui participent à-la-fois de plusieurs de ces solides simples. La détermination des causes qui provoquent ces variations est un des problèmes les plus importans de la philosophie minéralogique ; mais c'est aussi un de ceux dont on s'est le moins occupé, et qui laisse dans la science la lacune la plus complète.

§ 4. D'après ces réflexions, je me suis proposé de chercher à résoudre la question suivante :

Quelles sont les causes qui sollicitent une même substance minérale à affecter des formes cristallines si variées ; et pourquoi dans un cas tel corps affecte-t-il une certaine forme

plutôt que telle ou telle autre, parmi celles qu'il est susceptible de prendre?

§ 5. On conçoit que, pour résoudre cette question, je devais commencer par recueillir les différens faits qui pouvaient nous être fournis par la nature; mais malheureusement les recherches que j'ai faites à cet égard m'ont été bien peu utiles.

Jusqu'ici les observations des minéralogistes n'ont pas été dirigées vers cet objet, de sorte qu'il n'existe dans les auteurs aucunes données sur lesquelles on puisse s'appuyer avec une entière certitude. D'un autre côté, les diverses collections de minéraux, rassemblées sous différens points de vue, n'offrent presque rien relativement à celui que je m'étais proposé. Les échantillons portent, il est vrai, assez ordinairement, des désignations générales de contrées, souvent même de localités; mais jamais, ou au moins très-rarement, ils ne portent une indication précise de leur position géologique, ni des circonstances accompagnantes, renseignemens qui seuls pouvaient être pour moi la source la plus féconde de comparaisons et d'observations.

Je n'ai donc pu me procurer qu'un petit nombre de données assez vagues, parmi lesquelles cependant il en est quelques-unes auxquelles, d'après diverses observations, j'ai cru pouvoir accorder un assez grand degré de généralité; mais il est possible qu'elles n'en aient pas encore autant que j'ai pu le croire; et en les rapportant ici, je suis persuadé qu'il en est probablement plusieurs qui pourront souffrir des exceptions notables, et que tous les faits

ont au moins besoin d'être appuyés par des observations exactes sur la nature même.

§ 6. Les diverses formes cristallines d'une même substance ne paraissent pas se montrer indistinctement par-tout, et être jetées comme au hasard dans la nature. On remarque au contraire assez fréquemment que des formes cristallines sont semblables lorsqu'elles se trouvent dans des gisemens et des circonstances analogues, et réciproquement, qu'elles sont différentes dans des associations et des gisemens qui n'ont entre eux aucuns rapports.

Je vais développer quelques exemples de ces deux cas :

1°. *Formes cristallines différentes dans des terrains différens.* Si on compare entre elles deux contrées plus ou moins éloignées l'une de l'autre, et dont chacune se distingue par des circonstances géologiques particulières, on observe en général dans l'une ou dans l'autre des cristallisations très-différentes de la même substance, à tel point qu'un minéralogiste exercé, en voyant un groupe de cristaux dans une collection, désigne souvent, par la forme seule, la localité d'où il peut avoir été tiré.

Ainsi, *dans la chaux carbonatée*, les cristaux en prisme hexaèdre régulier nous viennent de quelques mines du Harz, où ils se trouvent dans des filons qui traversent des schistes argileux, et où ils sont accompagnés d'argent antimonié sulfuré, d'antimoine sulfuré, d'arsenic natif, d'harmotome, etc. Les variétés que M. Haüy a nommées *métastatique* et *bisalterne* (*H., pl. XXIII*, fig. 4, et *pl. XXV*, fig. 23 et 24) (modifiées souvent par le rhom-

boèdre inverse), nous viennent en grande partie du Derbyshire, où elles se trouvent dans des filons qui traversent un calcaire coquillier (*calcaire métallifère des Anglais*), qui appartient au terrain calcaire de transition, ou tout au moins au terrain calcaire alpin; et elles sont accompagnées de zinc sulfuré, de chaux fluatée, et souvent de bitume.

La variété en rhomboèdre *inverse* (*H.*, *pl. XXIII*, figure 3) est assez commune dans les terrains secondaires, et sur-tout dans l'intérieur des coquilles qu'ils renferment, tandis qu'on la connaît à peine dans les terrains primitifs.

Dans l'arragonite, les cristaux d'Espagne et des Pyrénées, qui se trouvent dans les masses argileuses, mélangées de chaux sulfatée, diffèrent, par l'ensemble de leur forme, de ceux des terrains volcaniques. Les cristaux qu'on rencontre dans les minerais de fer, ceux du Salzbourg, qui sont accompagnés de baryte sulfatée et de chaux carbonatée ordinaire, ont aussi chacun des caractères particuliers.

Dans la chaux phosphatée, les cristaux de Bohème, de Saxe, du Saint-Gothard, sont presque constamment des prismes hexaèdres réguliers, qui présentent quelques modifications partielles dans ces différens lieux, mais qui tous sont terminés par un plan perpendiculaire à leur axe, et jamais par des pyramides complètes. Au contraire, les cristaux de Norwége et ceux du cap de Gates présentent des prismes hexaèdres qui sont tous terminés par des pyramides complètes, et jamais par un plan per-

pendiculaire à l'axe; ces derniers ne présentent pas le caractère de phosphorescence qu'on observe dans tous les autres.

Dans le pyroxène, les cristaux de Norwége qui se trouvent avec du fer oxidulé, ceux de la vallée d'Ala (Piémont), qui font partie d'une roche particulière de grenat; ceux du Tyrol, empâtés dans la chaux carbonatée laminaire, sont tous très-distincts par leurs formes: presque aucune ne s'observe parmi les pyroxènes des terrains volcaniques.

Dans l'amphibole, les cristaux qu'on rencontre au milieu des terrains volcaniques ont des caractères particuliers qu'on ne retrouve pas ailleurs; ce sont presque les seuls qui soient régulièrement terminés. Ceux des terrains de trapp (*actinote*), ont des caractères de groupement et de configuration générale qui les distinguent éminemment. Ce sont en général de longs prismes rhomboïdaux très-rarement terminés, et tout au plus par une facette oblique ou un sommet dièdre. Ceux des couches de calcaire primitif (*grammatite*), souvent assez semblables aux précédens, ont cependant encore des signes particuliers de distinction.

Dans le feldspath, les cristaux qui se trouvent dans les granites, ceux que renferment les porphyres, ceux des terrains chloriteux, diffèrent beaucoup les uns des autres par l'ensemble de leur cristallisation et par la manière dont ils sont maclés.

Dans le fer oligiste, les cristaux de l'île d'Elbe, qui paraissent se trouver en partie au milieu d'une masse de minerai de fer terreux, et dans un terrain très-secondaire; ceux des

Alpes, qui se rencontrent dans des roches primitives avec des feldspaths et de la chlorite; ceux des volcans, présentent tous, dans leur cristallisation, des différences notables.

Je pourrais multiplier ces exemples; mais j'ai préféré me borner à ceux qui m'ont paru les plus avérés.

Sans doute on peut objecter que des cristaux différens d'une même substance se rencontrent quelquefois dans le même canton, et même dans le même terrain; mais on a lieu d'observer, dans ce cas, que chaque forme est ordinairement circonscrite dans un espace particulier, isolé de celui où se trouve telle ou telle autre, soit dans des couches différentes, soit dans des filons divers, soit même dans les diverses parties, les divers embranchemens d'un même filon, caractérisés par des circonstances particulières. Ainsi, par exemple, j'ai souvent observé, en Provence, dans le même lieu, des cristaux de chaux carbonatée en rhomboèdre *équiaxe* ou *primitif* (H., *pl. XXIII, fig.* 2 et *fig.* 1), et d'autres sous la forme de dodécaèdres bipyramidaux, terminés par le rhomboèdre *inverse* (H., *pl. XXV, fig.* 22, ou *pl. XXVII, fig.* 42); mais les premiers étaient constamment dans le calcaire compacte, semblable à celui du Jura, et les autres seulement dans le calcaire oolitique, qui le recouvre en plusieurs points.

On pourrait encore faire une autre objection qui, au premier abord, paraît plus spécieuse; car il n'est pas rare de trouver dans les collections, des cristaux très-différens de la même substance, réunis sur un même groupe, et qui, par conséquent, se sont bien formés

dans le même gisement ; mais avec un peu d'attention, on peut reconnaître que ces cristaux divers ne sont point mêlés au hasard les uns avec les autres, qu'ils se recouvrent successivement, et que, par conséquent, ils proviennent de divers dépôts qui se sont formés à des époques différentes ; ces cristaux se distinguent encore le plus souvent par leur couleur ou par leur degré de transparence, de sorte que tout porte à croire que les diverses époques de leur formation étaient accompagnées de circonstances particulières. C'est encore ce qui a lieu à l'égard de certains cristaux qui, après avoir affecté une forme déterminée, sont passés à une forme différente par une suraddition de matière de même nature sur quelques-unes de leurs parties. Le degré de transparence ou la couleur particulière de la matière additive annonce clairement que les circonstances environnantes étaient différentes aux diverses époques de l'accroissement de ces cristaux.

§ 7. 2°. *Formes cristallines semblables dans des gisemens ou des associations analogues.* Ces rapports de similitude dans la cristallisation des corps peuvent se vérifier, soit dans une même chaîne ou un même terrain, lorsqu'il se prolonge sur une grande étendue, soit dans des terrains ou des circonstances semblables, isolés les uns des autres, et souvent séparés par de grands intervalles.

Ainsi, en reprenant une partie des observations précédentes dans un ordre inverse, nous voyons que par-tout, dans les masses argileuses mélangées de chaux sulfatée, soit dans l'Arragon, dans le Béarn ou dans les Landes, l'arragonite pré-

sente les mêmes variétés de forme et les mêmes groupemens; que partout, dans les minerais de fer, soit en France, soit en Carinthie, les cristaux de cette substance, d'ailleurs bien distincts des premiers, présentent assez constamment les mêmes formes dominantes; que dans les terrains volcaniques, les formes et les groupemens sont encore par-tout à-peu-près les mêmes.

Le terrain d'Arandal, en Norwége, et celui de Traverselle, en Piémont, semblables sous plusieurs rapports, présentent des cristaux de pyroxène, qui ont entre eux la plus grande analogie.

Les terrains volcaniques, qui ont présenté par-tout le globe des rapports généraux extrêmement frappans, offrent par-tout aussi, à-peu-près, les mêmes variétés de pyroxène et d'amphibole.

Les granites, qui se prolongent si loin et dans des contrées si différentes, présentent presque constamment des cristaux de feldspath de la même forme, et maclés de la même manière.

Les porphyres, les terrains chloriteux, qui renferment chacun des cristaux différens de feldspath, en présentent par-tout aussi les mêmes variétés.

Il y a sans doute des exceptions à cette règle; il n'est pas rare, par exemple, de trouver sur divers points d'un même terrain des cristaux différens d'un même minéral; mais, lorsqu'on a pu observer les gisemens avec soin, on a reconnu que ces changemens étaient accompagnés de quelque circonstance géologique particulière, et que la même forme se montrait constamment sur une étendue plus ou moins grande, tant que les circonstances restaient sensiblement les mêmes.

§ 8. Je ne pousserai pas plus loin ces sortes d'observations, que je ne crois ni assez précises, ni assez générales, pour qu'on en puisse tirer des conclusions positives : d'ailleurs, quand bien même ces différens faits seraient parfaitement constatés et réduits dans chaque cas à leur juste valeur, ils ne conduiraient pas encore à la solution complète du problème ; car, comme nous trouvons toujours les cristaux tout formés, on aurait beau multiplier les observations de ce genre, elles ne nous apprendraient rien autre chose, sinon que des circonstances de gisemens semblables ou différentes donnent lieu à des rapports analogues dans les formes cristallines; mais elles ne nous mettraient pas à même de prononcer rigoureusement sur la manière dont les différentes circonstances constatées ont pu agir pour les modifier. On serait encore réduit à des conjectures, qu'on ne pourrait ériger en principes que d'après des expériences directes.

§ 9. Ces réflexions m'ont conduit à penser que ce grand problème ne pouvait être résolu que dans nos laboratoires, où nous pouvons en quelque sorte présider à la formation des corps. Les sels divers que nous pouvons composer et décomposer à volonté, faire dissoudre et cristalliser, et par conséquent placer dans toutes les circonstances imaginables, m'ont paru propres à servir de sujet à cette recherche si importante pour la minéralogie. J'ai imaginé que si, par une série d'expériences sur les sels, je venais à découvrir quelque base certaine, je pourrais ensuite, par analogie, les appliquer aux substances minérales, puis les vérifier et les discuter d'après les indications fournies par la nature.

§ 10. Mais avant d'entreprendre ces expériences, j'ai dû rechercher parmi les travaux des chimistes ceux qui pouvaient y avoir rapport, et je crois devoir les rappeler ici.

Leblanc, qui a fait beaucoup d'expériences pour perfectionner l'art de faire cristalliser les sels, qui a examiné avec soin le mode d'accroissement des cristaux, et assigné quelques-unes des causes qui influaient sur leur plus ou moins de régularité, avait entrepris un travail particulier, dans la vue de déterminer les circonstances qui pouvaient opérer les *tranformations* des différens cristaux d'une même substance. Il a observé que l'alun, par suite *d'une addition de sa base*, cristallisait en cube; que le sulfate de cuivre, dans la même circonstance, affectait une forme particulière; et il a été porté, par analogie, à soupçonner que beaucoup de sels étaient dans le même cas. Il a fait voir qu'un cristal octaèdre d'alun, étant placé dans une solution d'alun cubique, passait, par suraddition de cette nouvelle matière cristalline, à la forme cubo-octaèdre; que le sulfate de cuivre et le sulfate de fer se combinaient entre eux, et qu'il en résultait des rhomboèdres. Enfin il a annoncé que plusieurs sels étaient susceptibles de se surcomposer de matières étrangères, et que cette addition en modifiait plus ou moins la forme; mais, sur ce dernier point, il ne nous a pas laissé ses résultats, ou du moins ceux qu'il a décrits ne se rapportent qu'à des irrégularités d'une même forme, ou à des sels doubles (*).

(*) N. Leblanc, *Cristallotechnie*. Paris, 1802.
Journal de Physique, t. XXXI, p. 93; et t. XXXIII, page 374.

On sait depuis long-temps que la soude muriatée, en cristallisant dans l'urine, affecte la forme d'un octaèdre régulier, tandis que le cube est celle qu'elle prend ordinairement en cristallisant dans l'eau pure. C'est à Romé Delisle et à Berniard que nous devons la connaissance de ce fait singulier (*); mais MM. Vauquelin et Fourcroy ont constaté depuis que cet effet était entièrement dû à la présence de l'urée, et ils ont fait voir que le muriate d'ammoniaque, dans la même circonstance, affectait la forme cubique, quoiqu'il prenne ordinairement la forme octaèdre dans l'eau pure (**).

§ 11. Tels sont les seuls résultats d'expériences qui soient parvenus à ma connaissance relativement au problème que je me suis proposé. Ils m'ont paru être en trop petit nombre, et n'avoir pas été dirigés assez immédiatement vers l'objet de ma question, pour qu'on puisse en tirer aucune conclusion qui lui soit généralement applicable. D'après cela, j'ai été conduit à entreprendre plusieurs séries d'expériences particulières, calculées sur les observations minéralogiques les plus générales, et sous le point de vue de vérifier les différentes causes modifiantes dont les indications de la nature pouvaient suggérer l'idée.

On conçoit en général que les formes cristallines que prend un corps en passant de l'état liquide à l'état solide, peuvent varier suivant les différences que doivent introduire dans le jeu des attractions, différentes circonstances parti-

---

(*) Romé-Delisle, *Cristallographie*. 1783, t. Ier, p. 379.

(**) *Annales de Chimie*. 1800, tome XXXII, page 130.

culières. Ainsi, par exemple, la présence d'une matière suspendue mécaniquement ou dissoute dans la solution d'un sel, celle d'une substance non suspendue, mais déposée dans cette solution, un excès dans la proportion de l'un ou de l'autre des principes constituans, peuvent influer beaucoup sur les résultats qu'on obtient, comme je viens d'en citer quelques preuves.

Mais, dans chacune de ces circonstances, l'opération de la cristallisation est nécessairement influencée, et par conséquent peut être modifiée dans ses résultats par un certain nombre de circonstances accompagnantes générales, très-variables, telles que la température, l'état électrique et hygrométrique de l'atmosphère, la promptitude et la lenteur de l'évaporation, l'état de concentration de la solution, etc.

D'après cela, il était nécessaire de m'assurer préalablement des effets que pouvaient produire sur les formes cristallines toutes les circonstances particulières ci-dessus; mes premières recherches ont été dirigées vers ce but.

§ 12. D'après cet exposé, les expériences dont je vais avoir l'honneur de rendre compte à l'Académie, seront divisées en quatre sections principales.

Première section. *Effets des circonstances générales qui accompagnent toujours chaque opération de cristallisation.*

Deuxième section. *Influence qu'exercent sur les formes cristallines les mélanges mécaniques qui existent dans la solution dont elles se précipitent.*

Troisième section. *Influence qu'exercent sur*

les formes cristallines les mélanges chimiques (*) *qui existent dans la solution dont elles se précipitent.*

1re. Partie. *Les cristaux précipités ne renfermant aucun mélange chimique.*

2e. Partie. *Les cristaux obtenus renfermant eux-mêmes des mélanges chimiques.*

QUATRIÈME SECTION. *Influence qu'exerce sur les formes cristallines la surabondance d'un des principes constituans dans la solution.*

(*) Je n'ai adopté l'expression de *mélange chimique* que pour mieux me faire comprendre, et pour distinguer, par une indication particulière, une association chimique de corps qui a des caractères différens des autres associations chimiques, auxquelles je donne le nom de *combinaisons chimiques*; mais je ne prétends attacher à cette expression de mélange aucune idée théorique, ni rien préjuger sur la question de savoir si des corps qui se tiennent réunis, en des proportions qui peuvent varier à l'infini, sont réellement combinés ou simplement mélangés; j'ai voulu seulement faire sentir que les associations de corps que je considère ne sont ni le résultat d'un mélange purement mécanique, ni celui d'une combinaison en proportions définies et constantes, laquelle donne toujours lieu à des corps particuliers dont les caractères sont invariables.

Du reste, ces *mélanges chimiques* seront, si l'on veut, des *combinaisons* et non des *mélanges*; mais si on les regarde comme des combinaisons, elles sont bien certainement d'un tout autre ordre que les combinaisons définies, et demandent à être considérées séparément, puisque dans les *combinaisons définies* les proportions des parties composantes sont constantes, que le composé a toujours des caractères particuliers, et différens de ceux de l'un et de l'autre composant, tandis que dans ces autres *combinaisons*, qu'on peut appeler *indéfinies* (et qui sont mes *mélanges chimiques*), les proportions peuvent varier à l'infini, et que le composé résultant participe toujours plus ou moins des propriétés de l'un ou de l'autre composant.

§ 13. Mais pour éviter des répétitions fastidieuses dans l'exposé des diverses expériences que j'ai faites, je crois devoir donner, avant tout, quelques détails généraux sur les diverses précautions que j'ai cru nécessaire de prendre, afin d'écarter le plus possible les nombreuses causes d'erreurs qui pouvaient se présenter dans le travail, et pour apprécier convenablement les effets des causes étrangères, que je pouvais difficilement éloigner.

Je devais en général, dans toutes les expériences que j'ai entreprises, chercher à observer les effets de chaque circonstance isolément. Ainsi, par exemple, si je cherchais à déterminer l'action des mélanges mécaniques, je voulais être sûr de n'avoir ni l'influence des mélanges chimiques ni celle des petites différences de proportions relatives de base et d'acide, et réciproquement.

Pour parvenir à ce but, le premier moyen qui se présentait était d'employer constamment des sels chimiquement et mécaniquement purs, qui fussent parfaitement fixes et toujours composés de proportions bien définies. Mais comme il faut dans ce cas les préparer soi-même, ce qui entraîne dans beaucoup de longueurs, je ne pouvais m'en servir habituellement; aussi, en général, je n'en ai fait usage que pour les opérations qu'il était important de vérifier avec soin. J'ai cherché dès-lors un moyen particulier de ramener tous les résultats à être comparables entre eux, en employant les sels préparés pour le commerce.

J'ai eu soin d'abord de choisir les sels qui m'ont paru chimiquement les plus purs, et

de les débarrasser, par une solution préliminaire, des matières étrangères qui pouvaient leur être mécaniquement mélangées. Mais pour éliminer en outre l'action modifiante des petites quantités de mélange chimique, ainsi que les effets déterminés par les petites différences dans les proportions relatives de base et d'acide, j'ai pensé qu'il fallait opérer constamment sur des portions d'une même masse de sel provenant d'une même époque de fabrication. Par ce moyen il m'a semblé que je pourrais déterminer rigoureusement l'action relative de chacune des causes modifiantes que j'introduirais successivement avec celles qui pouvaient exister déjà; sauf à reconnaître ensuite les effets particuliers de ces dernières par d'autres expériences comparatives. D'après cela, avant de commencer aucun travail, je me suis procuré la quantité des sels de telle ou telle espèce que je jugeais nécessaire pour les diverses expériences que j'avais projetées; et si j'ai été forcé quelquefois de m'en procurer de nouveaux, j'ai toujours eu soin de répéter quelques-unes des expériences que j'avais déjà faites, comparativement à celles que je poursuivais alors, pour être sûr qu'ils me donnaient des résultats analogues.

En général, dans toutes les expériences, j'ai toujours fait cristalliser une portion du sel dans l'eau pure et dans des circonstances ordinaires, afin que ces cristaux pussent me servir de terme de comparaison avec ceux que j'obtenais dans d'autres épreuves subordonnées à des circonstances particulières, dont je cherchais à déterminer l'influence. On sent que cemême

moyen rendait les différentes épreuves comparables entre elles.

D'un autre côté, j'ai eu soin que toutes les expériences qui avaient pour but des circonstances particulières fussent faites dans les mêmes circonstances générales. Ainsi, toutes les expériences que j'avais projetées sur le même sel ont été faites autant que possible dans le même moment, afin d'avoir les mêmes circonstances de température, de sécheresse et de pression de l'atmosphère; j'ai chauffé toutes les solutions au degré de l'ébullition, j'ai eu soin de les amener à des densités à-peu-près semblables, de faire cristalliser dans des vases de même nature, à-peu-près de même grandeur, placés dans le même lieu, à côté les uns des autres, pour obtenir le même degré d'évaporation.

Toutes ces précautions, en apparence minutieuses, m'ont paru nécessaires pour diminuer autant que possible l'influence des causes étrangères à celles dont je cherchais à déterminer les effets.

Il n'est peut-être pas inutile de dire aussi que j'ai répété plusieurs fois les mêmes expériences, soit autant que possible dans les mêmes circonstances, soit tout exprès dans des circonstances différentes, pour savoir si les résultats que j'avais obtenus provénaient réellement des causes auxquelles je les avais attribués.

Dans plusieurs cas les cristaux obtenus ont été ensuite soumis à l'analyse.

PREMIÈRE SECTION.

Effets des diverses circonstances variables qui accompagnent toujours chaque opération de cristallisation.

§ 14. Les circonstances variables, dont j'ai cherché ici à déterminer les effets, sont la température, l'état barométrique et hygrométrique de l'atmosphère; la promptitude ou la lenteur de l'évaporation; la température, l'état de concentration et le volume de la solution, la forme des appareils, etc.

D'après les différentes expériences que j'ai faites à ce sujet, j'ai reconnu en général que ces diverses circonstances ne produisaient aucune variation dans les formes cristallines, et ne faisaient autre chose que de donner aux cristaux plus ou moins de netteté ou de volume, ou provoquer des groupemens différens.

§ 15. L'état de l'atmosphère détermine en général une évaporation plus ou moins abondante. Si l'air est chaud et très-sec, l'évaporation est très-forte, et dans ce cas il arrive souvent que la solution concentrée rapidement ne fournit que des cristaux mal conformés et groupés confusément. Si l'air est très-humide, l'évaporation est nulle et la solution reste stationnaire, ou bien elle attire elle-même l'humidité, et alors il arrive souvent que les cristaux déjà formés se trouvent redissous. Ce n'est en général que dans une température modérée, un état hygrométrique moyen, qu'on obtient ordinairement une cristallisation bien nette.

Ces deux cas extrêmes d'humidité et de sécheresse présentent une différence frappante

sur les solutions peu concentrées. Dans le cas de sécheresse, l'évaporation rapide produit promptement le degré de concentration convenable pour qu'il se forme des cristaux réguliers qui se précipitent alors dans le liquide. Mais par l'humidité, les sels grimpent plus facilement sur les parois des vases, où ils forment une sorte de végétation cristalline, qui présente des ramifications saillantes, plus ou moins longues, et quelquefois très-agréables. Si l'air devient tout-à-coup sec, la ramification s'arrête, et il se forme des cristaux dans la liqueur. Si l'humidité reparaît, les ramifications recommencent, mais très-rarement, sur les points du vase où elles avaient lieu auparavant.

Ces ramifications s'accroissent d'une manière particulière; il se forme d'abord sur les parois du vase quelques points saillans, lesquels sont ensuite poussés au dehors par des molécules cristallines, qui viennent s'appliquer successivement au-dessous des premières, et qui sont apportées par le liquide que l'action capillaire introduit entre la paroi du vase et la croûte saline. Lorsqu'il s'est ainsi formé une première petite branche simple, le liquide s'élève bientôt sur elle comme sur les parois mêmes du vase, détermine également quelques points cristallins qui sont poussés au dehors par les molécules suivantes. La petite branche simple se ramifie par ce moyen, et en définitif il se forme une végétation cristalline plus ou moins compliquée.

Ce mode de formation me paraît expliquer parfaitement la manière dont se forment les efflorescences salines sur les rochers et sur les murailles. Il me conduit aussi à concevoir comment sont

produites les variétés coralloïdes d'arragonite qu'on rencontre dans les galeries de mines, tantôt sur le sol, tantôt sur les parois latérales, et qu'on ne peut confondre avec les stalactites.

§ 16. Quant à la lenteur ou à la promptitude de l'évaporation, on sait depuis long-temps que les cristaux obtenus par suite d'une évaporation lente sont toujours mieux conformés et plus isolés que ceux qu'on obtient par une évaporation rapide. C'est ce que j'ai observé également dans le courant de mes expériences; mais ces effets sont subordonnés à l'état de l'atmosphère.

§ 17. Il peut arriver aussi qu'il se forme des cristaux très-nets sans évaporation quelconque dans des solutions d'ailleurs très-étendues. C'est ce qu'on observe souvent dans les laboratoires; mais il ne paraît pas que tous les sels soient dans le même cas. Pour m'en assurer, j'ai placé des solutions étendues de divers sels, toutes au même degré de densité, dans des flacons complétement remplis et parfaitement bouchés, que j'ai abandonnés dans une armoire. En les visitant long-temps après, j'ai reconnu qu'ils étaient également pleins, et que par conséquent il n'y avait pas eu d'évaporation. Or, dans plusieurs d'entre eux les sels avaient cristallisé, mais j'ai remarqué que c'était particulièrement ceux qui possédaient le plus de cohésion, comme le sulfate de potasse, l'alun, le borax, le muriate de baryte, etc.; tandis que ceux dont la cohésion était beaucoup plus faible, comme les nitrates de potasse et d'ammoniaque, les sulfates d'ammoniaque et de fer, le muriate de soude, etc., n'avaient point donné de cristaux.

§ 18. L'état de concentration de la solution, lorsque l'évaporation est portée au même degré et agit pendant le même temps, détermine en général plus ou moins de grosseur dans les cristaux. Dans les solutions suffisamment concentrées, les cristaux qu'on obtient sont assez volumineux; mais dans les solutions étendues, portées cependant au point de pouvoir cristalliser, les cristaux qui se précipitent sont ordinairement très-petits.

Quelques expériences particulières m'avaient fait soupçonner, dans le commencement de mon travail, que les variations de formes pouvaient tenir à la densité de la solution. J'avais observé en effet que diverses solutions, abandonnées à l'évaporation spontanée, donnaient des cristaux différens aux diverses époques de cristallisation qui correspondaient à des degrés différens de concentration; mais des expériences ultérieures m'ont fait reconnaître que ces résultats tenaient à des causes particulières, que je rapporterai dans la quatrième section. En général, toutes les fois qu'on opère sur des sels chimiquement purs et parfaitement fixes, on obtient constamment les mêmes formes à tous les degrés de densité.

§ 19. Le volume de la solution n'a encore d'autre effet que de donner lieu à des cristaux plus ou moins gros. En général, toutes choses égales d'ailleurs, on obtient des cristaux d'autant plus volumineux que la masse de liquide est plus considérable: dans les petites masses de solutions salines, les cristaux sont toujours très-petits.

§ 20. La forme des appareils produit en général des effets qui résultent de la diminution ou de

l'augmentation qu'elle peut provoquer dans l'évaporation ; mais à évaporation égale, j'ai reconnu en outre que la hauteur à laquelle la même quantité de liquide peut s'élever dans des vases plus ou moins étroits, détermine plus ou moins de grosseur dans les cristaux. J'ai placé à cet effet une portion de solution saline dans un vase très-large, recouvert par un entonnoir de verre, et une autre portion égale dans un appareil composé d'un tube de 6 pieds de hauteur, terminé dans le bas par un flacon plus large, et dans le haut par une petite cloche tubulée, renversée, dans laquelle le liquide s'élevait tout au plus à un pouce : une corde parcourait toute la longueur du tube.

Les deux appareils ont présenté des cristaux de même forme ; mais ils étaient très-petits dans le vase large, tandis que dans l'appareil étroit et très-élevé ils avaient acquis une grosseur huit ou dix fois plus forte, sur-tout dans la partie inférieure : il ne s'en était point formé dans la cloche supérieure, ni dans les cinq à six premiers pouces du tube.

L'expérience répétée plusieurs fois, et sur plusieurs espèces de sels, a donné constamment le même résultat.

§ 21. La nature des appareils, en exerçant des attractions différentes sur les sels, détermine en général les cristaux à se déposer plus ou moins promptement et à se grouper de différentes manières. La même solution cristallise plus promptement dans un vase de grès que dans un vase de verre. S'il y a, dans un point du vase dont on se sert, quelques aspérités particulières, les cristaux s'y déposent en plus

grand nombre qu'ailleurs. Si le vase est enduit d'une couche de graisse, la solution reste très-long-temps sans cristalliser; mais arrivée à un certain degré de concentration, les cristaux se forment à la surface du liquide, où ils se groupent successivement, et finissent par tomber quelquefois au fond, lorsque le poids devient trop considérable. Lorsque, dans le même cas, on laisse une petite partie de la surface du vase sans enduit, toute la cristallisation s'y porte, et il se forme un groupe sur lequel tous les cristaux ont assez souvent leurs faces homologues semblablement placées.

§ 22. Quant à la position dans laquelle les cristaux se forment ou s'accroissent au milieu d'une solution, j'ai reconnu qu'il n'en résultait d'autres effets que plus ou moins d'extension du cristal dans un sens plutôt que dans l'autre, et que du reste les facettes étaient constamment en même nombre et en même position relative. Les cristaux prismatiques qui se forment à la partie inférieure d'une solution, dans une position verticale, sont assez ordinairement réguliers dans leurs contours et dans les pyramides qui les terminent; ceux qui se forment obliquement sur les parois du vase ont ordinairement les faces qui regardent la partie supérieure du liquide plus larges que les autres; ceux qui se forment à la surface de la solution, et qui pendent dans le liquide, sont ordinairement assez larges, et les pyramides sont mal conformées. J'ai fait particulièrement ces diverses observations sur le sulfate de soude : Leblanc en a rapporté d'analogues sur d'autres sels.

§ 23. La température à laquelle la cristallisa-

tion s'opère, a été annoncée comme déterminant des variations très-remarquables dans les formes cristallines. Lowitz dit qu'en exposant une solution de muriate de soude à un très-grand froid, il a obtenu des cristaux de forme hexagonale de 2 pouces de diamètre et d'une ligne d'épaisseur, qui se résolvaient en liquide à une température à quelques degrés au-dessous de zéro, et tombaient en une poudre très-fine et très-blanche à une température très-froide (*).

Cette observation, d'autant plus remarquable que le prisme hexaèdre est incompatible avec le système de cristallisation cubique qu'affecte le muriate de soude, m'a donné l'idée d'une série d'expériences à des températures très-basses; mais, quelque soin que j'aie pris, je n'ai pu obtenir le résultat de Lowitz; ce qu'il faut peut-être attribuer à ce que le froid que je me procurai étant artificiel, ne pouvait être prolongé assez long-temps.

Plusieurs expériences sur d'autres sels ne m'ont pas donné de plus heureux résultats; si leur solution était saturée à la température de l'atmosphère, il se déposait, par le refroidissement au-dessous de zéro, un grand nombre de petits cristaux qui ne différaient en rien de ceux obtenus à la température ordinaire. Si la solution était extrêmement étendue, il se formait très-rapidement de la glace, et il restait une très-petite quantité de liquide à zéro, qui bientôt précipitait aussi le sel en petits cristaux.

(*) *Annales de Chimie*, tome XXII, page 27 (note).
BERTHOLLET, *Statique chimique*, tome Ier., page 144.

J'ai imaginé alors d'ajouter une surabondance d'acide à la solution, ce qui devait me permettre d'abaisser davantage la température, sans que le liquide se solidifiât. Je n'ai encore rien obtenu avec le muriate de soude ; mais avec l'alun et le sulfate d'ammoniaque dissous en petite quantité dans de l'eau mêlée d'un quart d'acide sulfurique concentré, j'ai obtenu, à la température de —19° centigrades, des masses assez régulières, d'un aspect gélatineux, dont la cristallisation, assez semblable dans les deux expériences, différait, au moins en apparence, de celle qu'affectent ces sulfates à la température ordinaire ; mais elles étaient si peu solides qu'il me fut impossible de les mouvoir dans la solution, et si fugaces qu'elles se résolvaient en liquide très-acide en entrant dans l'atmosphère.

Il serait sans doute très-intéressant d'examiner ces singulières cristallisations où la quantité d'eau paraît être très-grande ; mais cet examen me paraît très-difficile. Je soupçonne que les cristaux que je de viens citer appartiennent à un sel très-acide, ou peut-être à l'acide lui-même.

M. Davy a fait, sur la cristallisation du nitrate d'ammoniaque, des observations d'où il résulte que ce sel retient plus ou moins d'eau, suivant la température à laquelle la cristallisation s'est opérée, et qu'il y a aussi quelques petites différences dans les formes, qui ne portent pas, il est vrai, sur des cristaux réguliers (*). Cette observation, ainsi que le peu de succès que j'avais obtenu à des températures basses, m'a

(*) BERTHOLLET, *Statique chimique*, tome Ier., page 131.

fait naître l'idée d'opérer à des températures élevées.

Après avoir saturé une certaine quantité d'eau à une température plus ou moins haute, j'abaissais la solution à une température plus basse, où je la maintenais aussi constamment que possible. C'est ainsi que j'ai fait cristalliser plusieurs sels à des températures de 0^d, 18^d, 40^d centigrades, après avoir saturé les solutions à 18^d, 58^d, 100^d; mais je n'ai rien obtenu de particulier dans les formes; seulement à la température de 40^d, les cristaux étaient très-irréguliers et groupés confusément, ce que j'attribue à la rapidité de l'évaporation.

Il résulte de ces diverses expériences, que le degré de température, dans les limites ordinaires, n'a pu produire aucune variation dans les formes. Il serait intéressant, sous plusieurs points de vue, de connaître ce qui arriverait à des températures forcées dans le digesteur de Papin; mais je n'ai pas fait d'expériences à ce sujet.

L'application de la chaleur successivement décroissante dans plusieurs expériences, d'ailleurs fort difficiles à suivre, ne m'a rien présenté de particulier.

§ 24. Comme il pouvait arriver par diverses causes que la solution se trouvât dans un état électrique particulier, d'autant mieux que quelquefois l'électricité se manifeste à l'instant de la solidification, j'ai voulu savoir aussi ce que cette circonstance pourrait produire.

Trois vases renfermant chacun une portion d'une même solution saline, ont été mis en expérience; l'un a été maintenu à l'état naturel, les deux autres ont été électrisés différemment;

mais, dans plusieurs essais successifs, je n'ai pu observer la moindre différence entre les formes cristallines précipitées des trois solutions; seulement les cristaux formés dans les vases électrisés étaient plus petits que les cristaux obtenus dans la solution à l'état naturel.

Des étincelles électriques lancées par momens sur une solution saline, n'ont produit de même aucune variation sur les formes cristallines. Dans quelques expériences sur le sulfate de soude, ces étincelles ont déterminé des centres de cristallisation en étoiles que j'ai attribués au mouvement imprimé par ce moyen au liquide. En effet, lorsqu'une solution est suffisamment concentrée, le moindre choc, comme on sait, suffit pour déterminer la précipitation d'un grand nombre de cristaux. J'ai observé, dans ce cas, que si on communique au vase un mouvement vibratoire, il se fait des centres de cristallisation qui correspondent à-peu-près aux nœuds de vibration.

D'après les différens résultats que je viens d'exposer, les circonstances variables, qui accompagnent malgré nous toutes nos opérations, n'étant susceptibles d'apporter aucun changement dans les formes cristallines, il devenait d'autant plus évident que les variations qui pouvaient se manifester dans les expériences subséquentes, étaient entièrement dues aux circonstances déterminées, sous l'influence desquelles la cristallisation avait lieu.

DEUXIÈME SECTION.

Influence qu'exercent sur les formes cristallines, les mélanges mécaniques qui existent dans la solution dont elles se précipitent.

§ 25. Les matières étrangères insolubles que l'on peut introduire dans un liquide, peuvent être assez divisées et en assez petite quantité pour y rester en suspension presque permanente, ou bien en quantité assez considérable pour former un dépôt plus ou moins volumineux. Le but que je me suis particulièrement proposé, dans les expériences qui se rapportent à cette section, a été de déterminer les effets qui se manifestent lorsqu'un sel cristallise sous l'influence d'une matière étrangère suspendue dans la solution, et ceux qui ont lieu lorsqu'il cristallise au milieu même d'un précipité ; mais, dans ce dernier cas, on peut distinguer encore les matières dont les particules ne sont susceptibles de prendre entre elles aucune adhésion par l'intermède de l'eau, et celles qui, par une affinité particulière pour ce liquide, conservent pendant long-temps une consistance gélatineuse.

Ces considérations me conduisent à diviser cette section en trois parties.

On conçoit que dans les diverses expériences relatives à ce sujet, j'ai dû en général exclure les matières étrangères sur lesquelles la solution aurait pu agir chimiquement, parce qu'alors j'aurais été conduit à des effets tout-à-fait différens de ceux dont je cherchais à déterminer l'influence.

** Effets des matières étrangères en suspension dans une solution saline.*

§ 26. Je me suis assuré, par plusieurs expériences, que les petites quantités de matières étrangères qui restent en suspension presque permanente dans une solution saline, n'exercent absolument aucune action pour faire varier les formes cristallines.

Lorsque dans une solution de ce genre la cristallisation se fait très-rapidement, les cristaux qu'on obtient immédiatement sous un volume déterminé, sont à-peu-près mécaniquement purs; mais lorsque les cristaux se forment lentement, par couches successives, il arrive souvent que, dans l'intervalle des diverses époques d'accroissement, la matière étrangère se dépose aussi successivement par petites couches très-minces, concentriques au cristal, et qui alternent alors, à plusieurs reprises, avec les couches cristallines.

*** Effets des matières incohérentes sur les cristaux qui se forment au milieu d'elles.*

§ 27. Pour qu'un sel puisse cristalliser au milieu d'un précipité quelconque, il faut que la matière ait un degré de division et de légèreté tel, qu'elle ne soit pas susceptible de se tasser en masse trop serrée; car alors la cristallisation se fait dans la liqueur qui surnage, et les cristaux ne subissent aucune variation.

J'ai observé aussi qu'il fallait, pour que la cristallisation s'opérât au milieu même d'une bouillie de matière étrangère en particules incohérentes, qu'il y eût toujours une certaine

quantité de liquide au-dessus du dépôt, ce qui paraît tenir à ce que les molécules salines exigent, pour se réunir en cristaux assez gros, que la pâte soit suffisamment meuble; cette condition ne peut être remplie avec un précipité sans cohésion, qu'autant que le liquide est assez abondant; dès-lors il en surnage toujours un peu. Lorsque cette condition n'a pas lieu, toute la masse se dessèche sans qu'il se forme aucun cristal apparent dans son intérieur, ou bien les sels, suivant leur nature, se portent en partie à la surface du dépôt ou forment des efflorescences.

En général, lorsqu'au moyen de ces précautions un sel cristallise au milieu d'un dépôt de matières étrangères dont les particules n'ont entre elles aucune cohérence, les cristaux, en se formant, en entraînent toujours une portion plus ou moins considérable, qui se trouve disséminée plus ou moins uniformément dans leur masse, et jamais, ou très-rarement, disposée en couches concentriques. Les cristaux perdent alors ordinairement toutes les petites facettes additionnelles qui, dans un liquide mécaniquement pur, auraient modifié leur forme dominante. En effet :

§ 28. Une solution d'alun filtrée, partagée en deux portions, dont l'une a été conservée pure et l'autre mélangée avec un précipité lavé de sulfate de plomb, a fourni dans chaque cas des formes distinctes. La portion restée pure a donné des octaèdres légèrement tronqués sur les arêtes : la partie mélangée de sulfate de plomb a donné des cristaux semblables sur des fils suspendus dans le liquide au-dessus du dépôt; mais

les cristaux qui se sont formés au milieu même de ce dépôt, étaient des octaèdres simples et opaques.

Du sulfate de fer qui, dans le cas d'une solution pure, donnait des rhomboèdres tronqués sur tous les angles solides et sur les arêtes de la base (Variété *triunitaire*, H., *LXXIX*, *fig.* 173), a donné, en cristallisant au milieu d'un précipité de sulfate de plomb, des rhomboèdres tout-à-fait complets (H., *pl. LXXIX*, *fig.* 168).

Du sulfate de fer qui cristallisait en rhomboèdres tronqués très-profondément au sommet, a donné, au milieu d'un précipité de sulfate de plomb, des cristaux où cette troncature était beaucoup moins profonde; mais je n'ai pu parvenir à la faire disparaître entièrement qu'en diminuant l'énergie de la cause qui y avait donné lieu.

J'ai voulu savoir aussi ce que produiraient ces mélanges mécaniques, sur des sels disposés déjà à prendre des formes tout-à-fait simples. J'ai employé à cet effet de l'alun qui cristallisait en cube, et du sulfate de fer qui affectait le rhomboèdre primitif; mais, dans ce cas, la présence des matières étrangères n'a déterminé aucune variation de formes.

§ 29. Ainsi il paraît, d'après ces expériences, que les matières étrangères, au milieu desquelles un sel cristallise, et dont les cristaux entraînent une certaine quantité à l'état de mélange mécanique, ont en général pour effet de simplifier les formes, en faisant disparaître les facettes additionnelles, mais qu'elles n'ont aucune action pour changer le système de cette forme; que si même les facettes additionnelles sont détermi-

nées par une cause très-énergique, comme cela avait lieu dans le sulfate de fer en rhomboèdres tronqués au sommet, l'interposition de la matière étrangère en diminue seulement l'étendue, sans pouvoir les faire disparaître entièrement.

§ 30. Lorsque la solution que l'on fait cristalliser au milieu d'un dépôt de matière étrangère est très-concentrée, il se forme dans le précipité des centres d'attraction, d'où il résulte des cristaux isolés composés d'un grand nombre de lames concentriques séparées les unes des autres; mais il n'y a dans ce cas que les arêtes qui soient nettes; toutes les faces sont toujours creusées en trémie plus ou moins profonde. Si la solution est moins concentrée, il ne se forme pas de cristaux isolés; mais il naît çà et là, au milieu du dépôt, des petits groupes de cristaux, quelquefois assez agréables, dont les faces et les arêtes sont parfaitement nettes.

**** Effets des dépôts de consistance gélatineuse, sur les cristaux qui se forment au milieu d'eux.*

§ 31. Je n'ai pu faire beaucoup d'expériences sur les effets mécaniques que peuvent produire les matières qui retiennent l'eau avec beaucoup de force et conservent pendant long-temps une consistance gélatineuse, parce que l'alumine, qui est presque la seule substance qu'on puisse employer dans ce cas, exerce une action chimique sur les sels. Cependant, comme j'ai reconnu, par la suite de mes expériences, les effets chimiques que cette matière peut produire sur différens sels, je crois être suffisamment en état d'apprécier ses effets mécaniques.

Il n'est pas nécessaire, dans le cas d'une matière de consistance gélatineuse, que le dépôt soit recouvert de liquide, pour que la cristallisation d'un sel puisse s'opérer au milieu de lui; la pâte même peut être assez desséchée à sa surface, sans que la formation des cristaux éprouve à l'intérieur aucun obstacle. En cela les effets des précipités gélatineux diffèrent beaucoup de ceux des précipités incohérens; mais en outre, par suite peut-être de la cohésion que les particules étrangères conservent entre elles, il paraît que les cristaux, en se formant au milieu d'elle, n'en entraînent mécaniquement aucune portion; car tous ceux que j'ai obtenus, soit dans l'alumine en gelée, soit dans le borate gélatineux d'alumine, m'ont paru mécaniquement purs, d'après les divers essais que j'ai faits sur eux.

§ 32. D'un autre côté, ce qu'il me paraît bien important de faire remarquer, c'est que ces cristaux mécaniquement purs, ne présentaient dans leurs formes d'autres modifications que celles qui étaient déterminées par l'action du mélange chimique; d'où je suis porté à conclure que dans les expériences que j'ai rapportées précédemment, § 27 à 29, la simplicité que l'on observe dans les cristaux tiendrait moins à l'action de la matière étrangère environnante, qu'à celle que le cristal a entraînée mécaniquement dans sa formation.

§ 33. Un autre effet particulier aux matières de consistance gélatineuse, soit l'alumine en gelée, soit le borate gélatineux d'alumine, soit même une pâte d'amidon, est que les cristaux qui se forment au milieu d'elles sont très-rarement groupés les uns sur les autres; ils sont

presque toujours isolés, d'une régularité et d'une netteté fort remarquables dans toutes leurs parties. Ces circonstances ne se présentent jamais à-la-fois dans les précipités dont les particules sont incohérentes.

§ 34. On voit, d'après ces expériences, que les mélanges mécaniques introduits dans la solution d'un sel produisent des effets très-différens, suivant leur état de division, leur quantité et leurs propriétés physiques. J'ai pris en général les extrêmes dans les expériences que j'ai citées ; mais on conçoit qu'il peut exister beaucoup d'intermédiaires qui donnent lieu à des résultats qui participent à-la-fois des trois principaux que j'ai rapportés ; c'est ce que j'ai eu l'occasion d'observer dans plusieurs expériences.

La suite à la prochaine livraison.

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES.

ORDONNANCE *du* 9 *avril* 1817, *qui fait concession au sieur* Charles-Eloi-Ferdinand Weber, *demeurant à Bouzonville, du droit d'exploiter les mines de lignite, d'alun et de vitriol, situées sur les territoires des communes de Walmünster, Ottonville et Velving, canton de Boulay, arrondissement de Metz, département de la Moselle, sur une étendue de surface d'un kilomètre carré*, 7,250 *ares*.

Mines de lignite, d'alun et de vitriol.

ORDONNANCE *du* 2 *juillet* 1817, *qui autorise la compagnie de* Bray *à dessécher les marais connus génériquement sous le nom de* Marais de Donges, *département de la Loire Inférieure, et qui ont été afféagés, en* 1771, *par les seigneurs de Donges et de Besné, aux charges, clauses et conditions qui lui avaient été imposées par l'arrêt du conseil de* 1779, *portant concession des dessèchemens de ces marais, et qui ne sont point abrogées par la présente ordonnance.*

Dessèchement du marais de Donges.

ORDONNANCE *du* 6 *août* 1817, *qui autorise le sieur* Guiard de la Tour *à établir, dans le couvent des Carmes-Déchaussés des Carrières-sous-Charenton-le-Pont, une verrerie pour la fabrication des glaces, verre à vitre et autres ouvrages en verre blanc, sans pouvoir joindre à cette fabrication celle des bouteilles en verre noir.*

Verrerie.

Marais à tourbe.

ORDONNANCE du 17 septembre 1817, concernant les partages des marais communaux renfermant de la tourbe, situés dans les arrondissemens de Saint-Omer et de Montreuil.

LOUIS, etc., etc., etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Vu la lettre du préfet du Pas-de-Calais, du 10 décembre 1816, relative à l'exécution du décret du 30 janvier 1812, concernant les partages individuels faits ensuite de la loi du 10 juin 1813, des terrains et marais communaux contenant de la tourbe dans les communes de Montreuil, de Neuville, Maarle, Attin et Beaumery, arrondissement de Montreuil;

Celle du 28 mars 1816 sur le même objet;

Le rapport de l'ingénieur des mines, relatif au mode à employer pour terminer les discussions qui se sont élevées;

Le décret du 19 mars 1811, celui du 30 janvier 1812;

Le rapport et la délibération du conseil général des mines, adopté par notre directeur général des ponts et chaussées et des mines;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Les partages des marais communaux, renfermant de la tourbe, des communes des arrondissemens de Saint-Omer et de Montreuil-sur-Mer, désignés dans les décrets des 19 mars 1811 et 30 juin 1812, demeurent annulés.

Néanmoins les directeurs des biens partagés sont admis à en devenir propriétaires incommutables, en faisant, dans le délai de trois mois, la déclaration prescrite par l'article 3 de la loi du 9 ventose an XII, et en se soumettant : 1°. à payer à la commune une redevance annuelle égale à la moitié du produit dont la surface du terrain était susceptible au moment de l'occupation; 2°. à lui payer, en outre, à la fin de chaque extraction, une somme égale à la moitié de la valeur nette de toute la tourbe qu'ils auront extraite dans l'année. Cette valeur nette sera réglée par le préfet, sur l'avis du conseil municipal et sur le rapport motivé de l'ingénieur des mines du département.

II. Le paiement de la rente annuelle et de la moitié de

la valeur nette des tourbes extraites, sera exigible à partir de la présente année.

III. Les détenteurs auront la faculté de racheter en tout temps la redevance due pour les surfaces, moyennant vingt fois la rente; et ils seront libres de s'affranchir de toute redevance en abandonnant le terrain à la commune.

Il sera expressément ordonné aux détenteurs de se conformer, pour l'exploitation des tourbes de leurs portions respectives, aux dispositions de la section II du titre VIII de la loi du 21 avril 1810, et à tous les règlemens de police qui seront faits par l'administration, tant sur le mode d'extraction de la matière tourbeuse, le mode d'écoulement des eaux et le mode d'attérissement des entailles tourbées, que sur les moyens d'assurer le paiement des redevances dues aux communes.

Toutes les mesures nécessaires pour assurer l'exécution de la présente ordonnance seront réglées par notre ministre secrétaire d'état de l'intérieur, ou soumis à son approbation.

Il y aura lieu à appliquer les dispositions de notre présente ordonnance à toutes les communes du département du Pas-de-Calais qui se trouvent dans ce même cas, et où les partages n'ont pas déjà été annulés, lorsque l'assimilation aura été reconnue.

IV. Nos ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 1er. octobre 1817, portant que le sieur Victor Vallond *est et demeure autorisé à convertir en forge à la catalane l'une des deux aciéries qu'il possède au lieu dit* Perouzet, *commune de Saint-Claire-sur-Galaure, arrondissement de Saint-Marcellin, département de l'Isère.*

Forge à la catalane.

AN 1818.

Ordonnance du 21 janvier 1818, portant concession des mines de houille situées dans la commune de Saint-Martin de Renacas, département des Basses-Alpes.

Mines de houille.

Louis, etc., etc., etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Il est fait concession au maréchal-de-camp Claude-Mathieu, comte de Gardanne, des mines de houille de Saint-Martin de Renacas, canton de Reillanne, arrondissement de Forcalquier, département des Basses-Alpes, dans une étendue d'un kilomètre soixante hectomètres carrés, limités, conformément au plan joint à la présente ordonnance, comme suit; savoir:

Au levant, par le chemin de Dauphin à Malcor, jusqu'au point de rencontre avec le ruisseau des Charbonnières, et par ledit ruisseau jusqu'à sa jonction avec celui de l'Osselet;

Au midi, par le ruisseau de l'Osselet jusqu'à l'embouchure du ravin de Servandi; par ledit ravin jusqu'à sa jonction avec celui du Rampaud; par celui-ci jusqu'aux Patalonis, et du chemin des Patalonis jusqu'à sa rencontre avec celui de Manosque;

Au couchant, par le chemin de Manosque jusqu'à sa rencontre avec le sentier du Rampaud, par ce sentier jusqu'à sa rencontre avec celui des Charbonnières;

Au nord, par une ligne droite tirée de ce dernier point à la source du ruisseau des Charbonnières; de là par le chemin de Dauphin à Saint-Martin, jusqu'au point de rencontre avec le chemin de Dauphin à Malcor.

II. L'impétrant paiera annuellement, entre les mains du receveur de l'arrondissement, les redevances fixes et proportionnelles établies par la loi du 21 avril 1810 et le décret du 6 mai 1811.

III. Conformément aux articles 6 et 42 de ladite loi, il paiera au propriétaire de la surface une rente annuelle de vingt-cinq centimes par hectare de terrain compris dans l'étendue de sa concession.

IV. L'impétrant paiera, en outre, aux propriétaires de la surface, les indemnités voulues par les articles 43 et 44 de la même loi, relativement aux dégâts et non-jouissance de terrain occasionnés par l'exploitation.

V. Il se conformera exactement au mode d'exploitation et aux clauses et conditions prescrites par le cahier des charges par lui souscrit le 16 juillet 1817, dont copie demeurera annexée à la présente ordonnance.

VI. Il sera soumis aux lois, instructions et réglemens intervenus ou à intervenir sur le fait des mines.

VII. Nos ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des Lois.

Cahier des charges pour la concession des mines de houille de Saint-Martin-de Renacas, *département des Basses-Alpes.*

Art. Ier. Le concessionnaire construira une galerie d'écoulement d'un mètre de hauteur sur 8 décimètres de largeur, muraillée en maçonnerie à pierres sèches, lorsqu'elle ne sera pas dans le rocher dont l'ouverture sera placée à 130 mètres en avant de l'entrée de la galerie dite l'*auvedo*, et qui viendra aboutir à 8 mètres et demi au-dessous de la même, et plus bas si la pente du terrain le permet. Il ouvrira, près de la même entrée, un puits perpendiculaire, qui sera bien muraillé ou boisé solidement, et sur lequel on établira un treuil pour la sortie de la houille. Si le puits est muraillé, il devra être circulaire et avoir deux mètres de diamètre; s'il est boisé, il aura trois mètres de long sur un mètre et demi de large. Au bas de ce puits, dont le fond devra être de niveau avec celui de la galerie d'écoulement, on percera une galerie d'un mètre 85 centimètres de hauteur, d'un mètre de largeur, dans la même direction que l'*auvedo*, et qui traversera les couches de houille reconnues, jusqu'à celle appelée le *Minachon de la Rose*.

Les veines qui sont au nord de cette dernière, et qui ne donnent que de la houille de mauvaise qualité, seront exploitées par des galeries qu'on ouvrira, le plus bas possible, du côté du ruisseau des Charbonnières, et auxquelles on donnera une légère inclinaison du côté de ce ruisseau pour faciliter l'écoulement des eaux.

II. Il fournira au préfet, et au bureau de l'ingénieur des mines, six mois après l'obtention de la concession, les plans et coupes de ses travaux intérieurs, dressés sur une échelle d'un millimètre pour mètre, et divisés en carreaux de dix en dix millimètres. Chaque année, dans le courant de janvier, il fournira, de la même manière, les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente, pour être rattachés au plan général, après vérification faite par l'ingénieur des mines.

En cas d'inexécution de cette mesure, ou d'inexactitude reconnue des plans, ils seront levés d'office aux frais des exploitans.

III. Le concessionnaire tiendra constamment en bon ordre, sur son exploitation, les plans, contrôles et registres ordonnés par le décret du 3 janvier 1813 sur la police des mines.

Il fournira à l'administration tous les ans, et en outre chaque fois que le directeur général des mines le demandera, l'état des ouvriers, celui des produits, et celui des matériaux employés par lui, ainsi qu'il est ordonné par l'article 36 du 18 novembre 1810.

IV. Il sera tenu d'exploiter de manière à ne point compromettre la sûreté publique, celle des ouvriers, la conservation des mines et les besoins des consommateurs; il se conformera en conséquence, et sur-tout lorsqu'il sera obligé d'exploiter au-dessous de la galerie d'écoulement prescrite par l'article Ier., aux instructions qui lui seront données par l'administration des mines et par les ingénieurs du département, d'après les observations auxquelles la visite des lieux et la surveillance des mines pourront donner lieu.

V. Il ne pourra abandonner aucune partie de ses travaux sans prévenir l'administration, et sans qu'ils aient été visités par l'ingénieur; ainsi qu'il est prescrit par les articles 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines.

Usine à fer.

ORDONNANCE du 31 janvier 1818, portant que le sieur Dominique Lareillet *est autorisé à construire à Pissos un fourneau pour la fusion du minerai de fer, en remplacement du foyer à la catalane qu'il possède à Ychoux, département des Landes.*

Louis, etc., etc., etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Le sieur Dominique Lareillet est autorisé à construire, en remplacement du foyer à la catalane qu'il possède à

Ychoux, un fourneau pour la fusion du minerai de fer, dans la commune de Pissos, sur le ruisseau de Mordonat, et près du moulin de Claveyre, département des Landes, ensemble les machines soufflantes, roue hydraulique et prise d'eau nécessaires; le tout conformément aux plans joints à la présente ordonnance.

II. Il tiendra son usine en activité constante, et ne la laissera pas chômer sans cause légitime reconnue par l'administration.

III. La construction des canaux, réservoirs, digues, vannes et déversoirs, sera exécutée sous la direction et surveillance des ingénieurs des ponts et chaussées du département; il sera dressé un procès-verbal de la réception de ces ouvrages, ainsi que de la construction et de la situation de l'usine: expéditions dudit procès-verbal seront en outre déposées aux archives de la préfecture du département des Landes et de la commune de Pissos, pour y avoir recours au besoin; et il sera donné acte de ce dépôt à notre directeur général des ponts et chaussées et des mines.

IV. L'impétrant sera tenu à tous changemens et indemnités nécessaires, dans le cas où lesdites constructions viendraient à nuire aux propriétés riveraines et aux moulins supérieurs.

V. Il emploiera des machines soufflantes à piston.

VI. L'impétrant n'entreprendra l'extraction du minerai de fer, qu'après avoir satisfait aux formalités prescrites par le titre VII de la loi du 21 avril 1810 sur les mines.

VII. Il sera tenu de mettre, chaque année, en semis de pins, une certaine étendue de terrains suffisans pour reproduire un nombre de pieds d'arbres égal à celui qu'il aura exploité pour la fabrication du charbon, et ce, dans les lieux voisins de l'établissement, qui lui seront désignés par l'administration des forêts.

VIII. Il ne pourra augmenter ni transformer son usine, ni la transférer ailleurs, ni rien changer à la hauteur de la prise d'eau, des emplacemens et déversoirs, après la réception des ouvrages, sans avoir obtenu notre autorisation spéciale dans les formes prescrites par les lois et règlemens.

IX. Dans le cas où, pour le service de la navigation, nous jugerions convenable d'ordonner sur le ruisseau de Mordonat des ouvrages ou changemens qui deviendraient nuisibles à l'usine de l'impétrant, et même en nécessiteraient la suppression,

ces circonstances ne pourront, dans aucun temps, donner lieu à aucune demande en dommages ou indemnités.

X. L'impétrant fournira au préfet tous les ans, et à notre directeur général des ponts et chaussées et des mines, toutes les fois qu'il en fera la demande, des états certifiés des matériaux employés, des produits fabriqués et des ouvriers occupés dans son usine.

XI. L'impétrant paiera, à titre de taxe fixe, conformément à l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, une somme de trois cents francs, laquelle sera versée dans la caisse du receveur de l'arrondissement, dans le délai d'un mois, à compter de la date de la notification de la présente ordonnance.

XII. Il se conformera aux lois, règlemens et ordonnances existans ou à intervenir sur le fait des usines, sur l'exploitation des bois et l'exploitation des minerais de fer, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'administration des mines, en ce qui concerne l'exécution des règlemens de police relatifs aux usines et à la sûreté des ouvriers.

XIII. Nos ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des Lois.

Mines de houille.

ORDONNANCE du 11 février 1818, qui autorise la cession de mines de houille situées dans la commune de Gréasque, département des Bouches-du-Rhône.

LOUIS, etc, etc., etc,

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Vu le décret du 1er. juillet 1809, portant concession des mines de houille des communes de Belcodènes et Gréasque, département des Bouches-du-Rhône, en faveur des sieurs de Castellane et de la dame de Cabre;

Vu celui du 25 juillet 1811, rectificatif des limites de cette concession;

Vu l'acte passé par-devant notaires, le 4 janvier 1816, entre les concessionnaires, Fery-Lacombe et les sieurs de Castellane et hoirs de Cabre;

Le rapport de l'ingénieur des mines du 30 avril suivant;

L'arrêté de préfet du 24 juin même année;

La délibération du conseil général des mines du 22 août 1816;

Le nouveau rapport de l'ingénieur des mines, du 10 mars 1817, ensemble le plan visé et certifié, et le cahier des charges;

Enfin, la délibération du conseil général des mines, du 8 mai suivant, adoptée par notre directeur général des ponts et chaussées et des mines;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. La cession faite par le sieur Fery-Lacombe, se portant caution pour ses cosociétaires, d'une partie de la concession qui lui a été accordée, consistant en un kilomètre, sept cent trente-neuf mille neuf cent trente-huit mètres carrés, située commune de Gréasque, en faveur des sieurs de Castellane et des hoirs de Cabre, est approuvée.

II. Cette étendue est déterminée, vers le couchant, par une suite de lignes droites, partant du sas de Bassas, et passant par la tour du Pigeonnier au pont de Gournal sur le ruisseau de Cartin; celle-ci prolongée jusqu'à quatre cent cinquante mètres au-delà dudit pont, au terme où le chemin de Gréasque à Valdonne atteint le territoire de Saint-Savournin, en face et au nord-est de la Malsanne, à treize mètres au levant du second puits d'Oraison, marquée *h*; à trente mètres au couchant de l'entrée de la fosse *G*, dite du *Grand-Vallon* ou de la *Martine*; à cinquante-un mètres au couchant de la fosse *D*, dite du *Verbal*; à cinquante-quatre mètres au couchant de l'entrée de la fosse *C*, dite *Plein-Pied*; cette dernière prolongée jusqu'à l'ancienne limite dirigée sur le clocher de Gréasque.

III. En conséquence, la concession des sieurs de Castellane et hoirs de Cabre, qui, par le décret du 25 juillet 1811, a été portée à douze kilomètres sept cent trente-six mille six cent soixante-quinze mètres carrés, est de l'étendue de quatorze kilomètres quatre cent soixante-seize mille six cent treize mètres carrés; celle dite *Fery-Lacombe*, qui était de soixante-sept kilomètres cinq cent quatorze mille neuf cent vingt mètres, se trouve réduite à soixante-cinq kilomètres sept cent soixante-quatorze mille neuf cent quatre-vingt-deux mètres carrés.

IV. Les concessionnaires Fery-Lacombe, de Castellane et les hoirs de Cabre sont tenus de laisser entre leurs exploitations limitrophes, comme réserve, un massif de houille de dix mètres d'épaisseur en dedans des verticales menées des limites externes.

V. Le sieur de Castellane et les hoirs de Cabre sont tenus de l'exécution des dispositions du cahier des charges, qui sera annexé à la présente.

VI. Ils sont tenus, en outre, de l'exécution de toutes les conditions imposées par les lois et règlemens sur les mines, existans ou à intervenir.

VII. Notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Cahier de charges pour la concession des mines de houille accordées, en 1809, à M. le comte de Castellane et à madame de Cabre, dans le département des Bouches-du-Rhône.

Art. Ier. Les concessionnaires feront exécuter des nivellemens sur plusieurs directions, dans toute l'étendue de leur concession, pour déterminer, de concert avec l'ingénieur du département, les points d'attaque qu'il conviendra de choisir pour les nouvelles exploitations qu'ils ouvriront par la suite, et afin de voir s'il ne serait pas possible de percer une ou plusieurs galeries d'écoulement, pour donner issue aux eaux qui inondent leurs mines dans la saison des pluies.

II. Dans toutes les exploitations qu'on ouvrira dorénavant sur la grande couche, la sortie de la houille au jour ne pourra s'opérer que par des puits droits, auxquels on donnera des dimensions convenables pour pouvoir y établir des machines nécessaires pour la sortie de la houille; et pour l'épuisement des eaux, dans le cas où ces dernières n'auraient pas leur écoulement dans une *mouillière* ou par une galerie.

III. L'extraction de la houille dans les grandes couches aura lieu par un système de galeries parallèles, qui se couperont à angles droits, de manière à laisser, dans toute l'étendue des travaux, des piliers également espacés pour soutenir le toit. La largeur de ces piliers devra être égale au moins à la moitié de celle des galeries; aucun d'eux ne pourra être enlevé.

qu'après que l'extraction totale de la houille renfermée dans l'espace occupé par l'exploitation aura eu lieu, à moins qu'on ne le remplace immédiatement par un autre pilier de même dimension, qu'on construira avec les pierres provenant des déblais.

On donnera aux galeries la direction la plus propre à faciliter l'écoulement des eaux, l'aérage de la mine et les transports intérieurs.

IV. La houille menue et les débris devront être portés au jour à mesure qu'il s'en formera; il est expressément défendu aux concessionnaires de laisser séjourner ces matières dans l'intérieur des travaux, et encore plus d'en former des tas qui puissent s'échauffer et prendre feu.

V. Il sera fourni chaque année, dans le courant de janvier, à M. le préfet, et au bureau de l'ingénieur des mines, les plans et coupes des travaux exécutés dans le cours de l'année précédente, dressés sur une échelle d'un millimètre pour mètre, et divisés en carreaux de dix en dix millimètres.

En cas d'inexécution de cette mesure, ou d'inexactitude reconnue des plans, ils seront levés d'office aux frais des exploitans.

VI. Les concessionnaires tiendront constamment en bon ordre, sur leurs exploitations, les plans, contrôles et registres ordonnés par le décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines. Ils fourniront à l'administration tous les ans, et en outre, chaque fois que M. le directeur général le demandera, l'état des ouvriers, celui de leurs produits et celui des matériaux employés par eux, ainsi qu'il est ordonné par l'article 36 du décret du 18 novembre 1810.

VII. Ils seront tenus d'exploiter de manière à ne point compromettre la sûreté publique, celle des ouvriers, la conservation des mines et les besoins des consommateurs.

Ils se conformeront en conséquence, et sur-tout si les circonstances nécessitent quelques changemens, au mode d'exploitation ci-dessus prescrit, aux instructions qui leur seront données par l'administration des mines et par les ingénieurs du département, d'après les observations auxquelles la visite et la surveillance des mines pourront donner lieu.

VIII. Ils ne pourront abandonner aucune partie de leurs travaux, sans prévenir l'administration, et sans qu'ils aient été visités par l'ingénieur, ainsi qu'il est prescrit par les art. 8 et 9 du décret du 3 janvier 1813, sur la police des mines.

Mine d'antimoine.

ORDONNANCE du 25 février 1818, *concernant la renonciation des sieurs* Rousseau, Jouvellier, Noury, *et des héritiers* Merlet *et* Bertrand, *etc., à la concession de la mine d'antimoine de la Ramée, département de la Vendée.*

LOUIS, etc., etc., etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Vu l'arrêté du gouvernement du 7 pluviôse an XII, par lequel il est fait concession, pour cinquante années consécutives, aux sieurs Louis Bertrand, Jules Joseph, Charles, Alexandre et Désiré Merlet, propriétaires de la surface, et aux sieurs Rousseau, Jouvellier et Noury, des mines d'antimoine de la Ramée, commune de Bonpère, arrondissement de Fontenay, département de la Vendée;

Les renseignemens donnés au préfet de ce département, le 21 février 1806, par le secrétaire général, chargé de reconnaître les causes de l'abandon desdites mines, et adressés par ce magistrat à l'administration des mines, le 5 mars suivant;

La lettre du 7 septembre 1814, par laquelle les concessionnaires font connaître au directeur général des mines l'intention où ils sont de renoncer à la concession qui leur a été octroyée, et le prient de leur faire connaître la forme et les conditions qu'ils ont à remplir pour la remise de leur titre;

La pétition qu'à cette fin ils ont remise au préfet de la Vendée, le 13 mars 1816;

Les déclarations particulières des héritiers Merlet et Bertrand, portant adhésion à la renonciation de concession desdites mines dont il s'agit, lesdites déclarations et adhésion produites à la préfecture;

Le rapport de l'ingénieur en chef des mines de l'arrondissement, du 10 février 1817;

La lettre du même ingénieur, du 7 avril suivant;

Les trois certificats du conservateur des hypothèques de l'arrondissement de Fontenay, du 13 mars 1817, portant qu'il n'existe aucune inscription contre les pétitionnaires, ni sur les mines de la Ramée;

Le plan de concession;

Les plans et coupe des travaux souterrains levés le 30 pluviôse an XIII, époque de la suspension des travaux;

L'arrêté du préfet de la Vendée, du 13 juin 1817;

La délibération du conseil général des mines;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. La renonciation des sieurs Rousseau, Jouvellier, Noury, et des héritiers Merlet et Bertrand, à la concession qui leur a été accordée par arrêté du gouvernement, du 7 pluviôse an XII, de la mine d'antimoine de la Ramée, est acceptée, sauf les droits des tiers, s'il en existe.

II. Les effets de ladite concession cesseront à partir de la date de la présente ordonnance, et à cette même époque toute redevance imposée sur cette mine cessera d'être perçue.

III. Les concessionnaires actuels sont tenus de faire fermer et boucher solidement l'entrée des puits desdites mines, suivant les règles de l'art, et avec les précautions qui seront indiquées par l'ingénieur en chef des mines de l'arrondissement, pour parer aux accidens que ces ouvertures pourraient occasionner, et pour rendre facile leur ouverture nouvelle, dans le cas de la reprise future de ces mines.

IV. Il est expressément défendu aux concessionnaires de détériorer leurs travaux, conséquemment d'enlever les boisages, échelles et machines intérieures, ces objets pouvant être utiles à la reprise de ces mines par d'autres exploitans; sauf le recours en indemnités à former, dans ce cas seulement, par les concessionnaires actuels; mais ils pourront disposer, à leur gré, des bâtimens et des machines extérieures, ainsi que des matériaux de construction et des minerais extraits.

V. Il est également défendu auxdits concessionnaires, comme à tous autres individus, de faire aucuns travaux superficiels pour extraire des minerais d'antimoine de la Ramée, sans en avoir obtenu l'autorisation du gouvernement.

Les autorités locales et les ingénieurs des mines veilleront au maintien de cette disposition, et poursuivront les contraventions qui pourraient y être faites, conformément à ce qui est prescrit par la loi du 21 avril 1810.

VI. Nos ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des Lois.

Usine à fer.

Ordonnance du 25 février 1818, *portant que la dame* Simone Brun, *veuve du sieur* Gros, *est autorisée à maintenir en activité l'usine à fer, de seconde fusion, qu'elle possède à Lyon, département du Rhône.*

Affinerie et tréfilerie.

Ordonnance du 11 *mars* 1818, *portant que le sieur* Charles-Joseph Hocard *est autorisé à établir sur sa propriété et sur le petit ruisseau, ou cours d'eau de la fontaine de la papeterie, qui coule sur le territoire de la commune de Goncourt, département de la Haute-Marne, une affinerie et une tréfilerie destinées à fabriquer des petits clous, dits* pointes de Paris.

Suite des recherches sur les causes qui déterminent les variations des formes cristallines d'une même substance minérale;

Par F. S. BEUDANT, Sous-Directeur du cabinet de minéralogie particulier du ROI.

TROISIÈME SECTION (1).

Influence qu'exercent sur les formes cristallines les mélanges chimiques qui existent dans la solution dont elles se précipitent.

§ 35. Les observations les plus générales nous apprennent qu'il est rare que les substances minérales aient cristallisé isolément dans la nature; que presque toujours elles se sont formées plusieurs ensemble; qu'il en est même qui sont constamment accompagnées par telle ou telle autre espèce, et qui semblent ne pouvoir se former que dans leur association. Or, nous avons vu aussi que les formes cristallines d'un même minéral variaient ordinairement, suivant la nature des substances accompagnantes, et qu'en général elles étaient semblables dans les associations analogues. D'après cela, il était assez naturel de penser que les variations cristallines d'un même corps pouvaient être déterminées par l'influence des diverses substances qui, dans les différens cas, se trouvaient en solution avec

(1) Les deux premières sections de ce Mémoire ont été insérées dans la seconde livraison, page 239.

lui ; mais cette conjecture avait besoin d'être éclairée par le flambeau de l'expérience.

D'un autre côté, la comparaison des diverses analyses chimiques d'une même espèce minérale, et les observations que j'avais eu l'occasion de faire sur les sels, m'apprenaient qu'il pouvait arriver que les diverses substances dissoutes dans le même liquide cristallisassent toutes séparément, ou bien que quelques-unes se mélangeassent en des proportions plus variables et plus ou moins grandes. Ces deux circonstances particulières, dont il était important de déterminer les effets, m'ont engagé à entreprendre deux séries distinctes d'expériences, qui me conduisent à partager cette section en deux parties.

PREMIÈRE PARTIE. *Influence qu'exercent sur les formes cristallines d'un sel les substances étrangères dissoutes dans la solution, et non susceptibles de se mélanger chimiquement avec lui par la cristallisation.*

§ 36. Je distinguerai encore ici deux cas différens : l'un, où tous les corps, en présence dans la solution, peuvent être solides par leur nature, et par conséquent se trouver parmi les cristaux obtenus ; l'autre, où quelques-uns de ces corps sont toujours liquides ou gazeux, et par conséquent ne peuvent laisser aucune trace de leur présence parmi les résultats.

1er. Cas. *Tous les corps de la solution étant susceptibles de cristallisation.*

§ 37. Il est un grand nombre de sels qui, en cristallisant ensemble, m'ont paru ne s'influencer en aucune manière ; mais il en est d'autres qui m'ont présenté des résultats qui me paraissent mériter quelque attention.

L'alun qui, seul, cristallisait en octaèdre légèrement tronqué sur les arêtes, a donné des cristaux octaèdres tronqués légèrement sur les angles solides, en cristallisant au milieu d'une solution de nitrate de cuivre, et des cristaux octaèdres complets, en cristallisant dans une solution de sulfate ou de phosphate de soude.

Le muriate d'ammoniaque, qui avait cristallisé très-difficilement seul et en cristaux octaèdres, a cristallisé avec la plus grande facilité en cristaux cubo-octaèdres au milieu d'une solution de sulfate de cuivre, où il s'était formé un sulfate double de cuivre et d'ammoniaque.

Le muriate de soude, qui seul cristallise en cubes, présente des cristaux cubiques tronqués sur les angles solides en cristallisant au milieu d'une solution de borax : c'est ce qui a lieu plus facilement encore dans une solution d'acide borique.

Le borax lui-même, dans cette circonstance, a présenté plusieurs sortes de cristaux mêlés entre eux ; des cristaux *primitifs*, des cristaux *périhexaèdres* en grand nombre, et des cristaux de la variété que M. Haüy a nommée *émoussée* (*H.*, *pl. XXXIX*, fig. 151), tandis qu'en cristallisant seul il a affecté la forme *dihexaèdre* (*H.*, *pl. XXXIX*, fig. 153). Je ferai remarquer que c'est presque le seul cas où j'aie obtenu des cristaux réellement entremêlés de formes différentes.

Le sulfate de cuivre, qui, en cristallisant dans l'eau pure, affectait la variété de forme que M. Haüy a nommée *isonome* (*H.*, *pl. LXXIII*, fig. 108), a présenté, dans une solution assez forte de nitrate de cuivre, des cris-

taux prismatiques hexaèdres assez allongés, produits par la troncature des arêtes latérales aiguës de la forme primitive, et modifiés sur les bords aigus de la base par quelques facettes linéaires très étroites.

Quelques expériences sur le phosphate de soude et le phosphate d'ammoniaque m'ont aussi présenté des variations notables; mais comme ces sels, et sur-tout le phosphate d'ammoniaque, sont très-altérables dans leur composition, il pourrait se faire que les variations que j'ai obtenues fussent dues aux petits changemens arrivés dans les proportions relatives de base et d'acide.

2. Cas. *Quelques-uns des corps de la solution étant liquides ou gazeux.*

§ 38. J'ai d'abord essayé l'action du gaz hydrogène sulfuré sur diverses espèces de sels qu'il n'était pas susceptible de décomposer; mais en général je n'ai obtenu aucuns résultats remarquables. J'en dirai autant du gaz acide sulfureux.

(*a*) L'acide nitrique a décomposé totalement plusieurs des sels soumis à son action, et les portions qui avaient échappé à la décomposition ont cristallisé en petites houppes fibreuses. Mais l'alun et le sulfate de cuivre dissous dans cet acide ont présenté des résultats particuliers.

L'alun, qui, dans l'eau pure, affectait la forme d'octaèdres légèrement tronqués sur les arêtes, a pris constamment la forme cubo-octaèdre en cristallisant dans l'acide nitrique; il s'est formé du nitrate de potasse dans cette opération, mais point de nitrate d'alumine. L'acide sulfurique provenant de la décomposition d'une petite quantité de sulfate de potasse était à l'état

libre dans le liquide restant, après la cristallisation totale du sel.

Le sulfate de cuivre, qui dans l'eau pure donnait la variété *isonome*, étant dissous dans l'acide nitrique, a donné des cristaux allongés, très-étroits et d'une forme très-différente.

(*b*) L'acide muriatique ne m'a présenté de résultats remarquables qu'avec le sulfate de fer et l'alun.

Le sulfate de fer, que j'ai employé dans ces expériences, présentait, en cristallisant dans l'eau pure, des rhomboèdres modifiés par des facettes triangulaires aux angles solides latéraux (variété *unitaire*, *H.*, *pl. LXXIX*, fig. 172); mais en cristallisant dans l'eau saturée de gaz acide muriatique, il a présenté des rhomboèdres tronqués très-profondément au sommet, et encore des traces linéaires des facettes triangulaires latérales. Ces cristaux étaient en général réunis par petits groupes, sur lesquels les faces homologues se trouvaient semblablement placées; mais ils se sont beaucoup altérés.

L'alun, que j'ai employé dans les mêmes expériences, cristallisait dans l'eau pure en octaèdres tronqués sur les arêtes; mais dans l'acide muriatique il a présenté une forme que je n'ai jamais obtenue d'aucune autre manière. La figure dominante de ces nouveaux cristaux est l'octaèdre passant au cube par le remplacement de ses angles solides; mais en outre il existe à chaque angle des facettes triangulaires qui proviennent d'une loi de décroissement que M. Haüy n'a pas décrite dans cette substance, et qu'on ne retrouve que dans le fer sulfuré et dans le cobalt gris. Ces facettes appartiennent au dodécaèdre

pentagonal, et donnent lieu à l'icosaèdre de la minéralogie, en se réunissant avec celles de l'octaèdre. Cette variété d'alun est tout-à-fait semblable à la variété de fer sulfuré ou de cobalt gris, que M. Haüy a nommée *cubo-icosaèdre* (*H.*, *pl. LXXVI*, fig. 147).

Il est important de faire remarquer que l'on n'obtient pas toujours immédiatement cette forme, et qu'il semble que ce soit par degrés que la cristallisation se plie à cette modification; la forme des cristaux qu'on obtient par le premier dépôt de la solution paraît dépendre de celle que l'alun était susceptible de prendre naturellement avant.

En effet, si on emploie de l'alun, qui dans l'eau pure cristallise naturellement en octaèdres tronqués sur les arêtes, la solution muriatique donne d'abord des cristaux cubo-octaèdres; et ce n'est qu'à la seconde, quelquefois même à la troisième cristallisation, que l'on obtient la variété cubo-icosaèdre. Si on emploie de l'alun, qui d'avance soit susceptible d'affecter la forme cubo-octaèdre, on est presque sûr d'obtenir le cubo-icosaèdre dès la première cristallisation: c'est ce dont je me suis assuré par plusieurs expériences.

Dans tous les cas, après plusieurs cristallisations successives, la solution ne donne plus qu'un magma de muriate d'alumine en paillettes nacrées, et de muriate de potasse; mais ce dernier sel était en très-petite quantité dans toutes les expériences que j'ai faites.

(*c*) J'ai aussi essayé l'action de l'acide acétique; mais le plus souvent les sels ont été complétement décomposés, ou bien ils ont cristallisé confusément: en général je n'ai rien obtenu de

constant par ce moyen, si ce n'est avec le sulfate de fer. L'effet de cet acide sur ce sel me paraît être de lui enlever son eau de cristallisation; car aussitôt que la solution commence à s'opérer par l'action de la chaleur, il se forme un précipité blanc, qui n'est autre chose que du sulfate de fer sans eau; mais le liquide surnageant dépose ensuite, par le refroidissement, des cristaux mal formés et en rhomboèdres complets, quelle que soit d'ailleurs la forme que le sel puisse prendre naturellement dans l'eau pure. Ces cristaux sont d'un blanc verdâtre, et très-fragiles; ils ne s'altèrent point à l'air, et ne fondent pas par l'action de la chaleur, comme les cristaux de sulfate de fer ordinaire.

L'alcool à 38° produit sur le même sel absolument les mêmes effets; il y a aussi précipitation d'une poudre blanche, et ensuite dépôt de cristaux rhomboèdres un peu plus verdâtres que ceux dont je viens de parler.

L'acide sulfurique, légèrement aqueux, agit encore de même; mais les cristaux qu'on obtient sont d'un beau vert d'émeraude, assez compliqués et facilement altérables.

§ 39. Si ces dernières expériences ne m'ont pas amené à de grands résultats, relativement aux variations des formes cristallines du sulfate de fer, elles m'ont conduit à des réflexions qui, sous un autre rapport, méritent bien aussi de fixer l'attention. On sait que la chaux sulfatée se présente dans la nature sous deux états différens, tantôt avec eau, tantôt sans eau. Or, si le sulfate de fer se trouvait dans la nature sous ces deux états, les expériences précédentes

conduiraient immédiatement à fixer les circonstances dans lesquelles il se serait formé : dans un cas, ce serait l'eau pure qui lui aurait servi de dissolvant ; dans l'autre, l'acide sulfurique plus ou moins concentré. J'ai été conduit naturellement à appliquer ce raisonnement à la chaux sulfatée, et j'ai cherché à le vérifier par l'expérience.

Si on fait dissoudre du carbonate de chaux dans l'acide sulfurique étendu d'eau, on obtient, par l'évaporation, du sulfate de chaux en aiguilles, qui renferment 20 à 25 pour 100 d'eau. Si on emploie au contraire de l'acide sulfurique très-concentré, on obtient, par l'évaporation, un magma qui, débarrassé autant que possible de l'acide sulfurique libre adhérent, m'a paru ne pas renfermer d'eau. Mais cette expérience aurait besoin d'être répétée un peu en grand avec beaucoup de soin : si elle est constante, comme je le crois, elle pourrait donner, dans quelques cas, une explication assez naturelle de la formation de la chaux sulfatée enhydre (*) ; mais lorsque cette roche alterne avec des couches calcaires, comme cela arrive souvent, il faudrait recourir à d'autres moyens pour expliquer son origine. On pourrait alors admettre la présence d'un corps quelconque, qui retienne l'eau avec beaucoup de force.

(*) Cette expérience est plus difficile qu'on ne le croirait au premier moment, parce qu'on ne sait comment se débarrasser de l'acide surabondant qui adhère à la masse saline. Je n'ai trouvé d'autre moyen que de la plonger dans de l'alcool très-sec, de la recueillir ensuite, et de la sécher dans du papier brouillard ; mais il serait possible que cette épuration eût altéré le sel.

Deuxième partie. *Influence qu'exercent sur les formes cristallines d'un sel les substances dissoutes dans la solution, lorsqu'elles sont susceptibles de se mélanger chimiquement avec lui par la cristallisation.*

§ 40. Dans un mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie, et auquel elle a bien voulu donner son approbation, j'ai fait voir que le sulfate de fer pouvait être mélangé d'une très-grande quantité d'un ou de plusieurs autres sels, sans perdre la faculté de cristalliser dans le système rhomboèdre, qu'il est susceptible d'affecter à l'état de pureté. Mais trop occupé alors des considérations minéralogiques particulières auxquelles ces nouveaux résultats me conduisaient, j'ai passé sous silence des considérations d'un autre genre, qui m'auraient trop éloigné de mon objet, et qui d'ailleurs ne pouvaient être discutées isolément.

Il est clair que si le sulfate de fer, déplacé dans sa cristallisation, a assez d'énergie pour paralyser en quelque sorte la cristallisation des sels qui lui sont mélangés, quelquefois en grande quantité, ceux-ci à leur tour doivent exercer une action sur lui. Or cette action, moins puissante peut-être que la première, manifeste ses effets par les modifications qu'elle apporte dans les formes cristallines qui dépendent du système rhomboèdre du sulfate de fer.

D'après un grand nombre d'expériences faites directement à ce sujet, j'ai trouvé que toutes les fois qu'un sel est susceptible de se mélanger chimiquement avec un autre, il en résulte toujours pour celui dont le système cristallin domine, des modifications de formes particulières. Ces

formes varient dans le même sel, suivant la nature du corps qui s'y trouve mélangé, et elles sont constantes dans le même mélange, tant que d'autres causes, que je me suis attaché à déterminer, ne viendront pas y joindre leur action modifiante. C'est ce que va prouver la série d'expériences suivante.

§41. *Le sulfate de fer*, quelque tendance qu'il ait, par suite de diverses causes, à affecter telle ou telle forme, peut toujours être ramené à la forme simple du rhomboèdre primitif par l'addition du sulfate de cuivre. Leblanc est, je crois, le premier chimiste qui ait remarqué que le mélange de ces deux sels affectait généralement la forme rhomboèdre; mais il n'a pas parlé des anomalies qui se présentent quelquefois, ni des moyens de les faire disparaître.

La forme résultante du mélange dépend beaucoup, toutes choses égales d'ailleurs, des proportions relatives des deux sels. Ainsi, lorsque la quantité de sulfate de cuivre est très-petite, comme 3 ou 4 centièmes de la masse, les facettes additionnelles sont souvent en même nombre et en même position que celles des cristaux de sulfate de fer pur obtenus par une expérience comparative, avec cette différence qu'elles sont plus petites, et qu'en général on voit dans les cristaux une tendance au rhomboèdre complet, ainsi qu'une plus grande régularité.

Si on augmente la quantité de sulfate de cuivre, on voit d'abord disparaître les facettes de remplacement du sommet; mais il faut encore en ajouter une plus grande quantité pour faire évanouir les facettes latérales; ce n'est souvent que quand on est arrivé à la proportion de 20,

30 ou 40 centièmes, qu'on obtient toujours, quelles que soient alors les autres causes modifiantes, des rhomboèdres complets. On continue ensuite de les obtenir jusqu'au terme où la quantité de sulfate de cuivre devient telle que c'est la forme de ce sel qui domine.

Lorsque la quantité de sulfate de cuivre est très-grande, et que la solution est soumise à une évaporation très-lente, il arrive que les sels se séparent en partie ; il se forme alors des cristaux rhomboèdres de sulfate de fer, extrêmement allongés dans le sens de quatre de leurs faces, ce qui leur donne l'apparence d'un prisme à base rhombe.

S'il faut souvent beaucoup de sulfate de cuivre pour déterminer le rhomboèdre complet, il arrive pourtant quelquefois que quelques centièmes de ce sel suffisent pour le provoquer : mais cela n'a pas toujours lieu immédiatement; il faut que la solution se trouve naturellement à un certain état de neutralité, ou qu'elle y ait été amenée par quelque opération préalable, dont nous parlerons dans la quatrième section ; ou bien, ce qui revient à-peu-près au même, il faut que le sulfate de cuivre soit introduit par l'intermédiaire d'un sel facilement décomposable.

C'est ainsi qu'un sulfate de fer quelconque peut être ramené immédiatement à la forme de rhomboèdre simple, en ajoutant de l'acétate de cuivre à sa solution ; l'acide acétique est dégagé pendant l'opération, et il se forme une petite quantité de sulfate de cuivre, qui suffit alors pour provoquer des cristaux très-nets de la forme désirée. On les obtient de même avec une

grande facilité en faisant bouillir la solution de sulfate de fer sur un précipité de carbonate de cuivre ou d'oxide de ce métal.

§ 42 Un autre moyen d'obtenir immédiatement le rhomboèdre, est d'ajouter au mélange de sulfate de fer et de sulfate de cuivre une grande quantité de sulfate de zinc ou de sulfate de magnésie. Dans ce cas, le sulfate de fer devient la partie la moins abondante du mélange, et on conçoit aisément qu'il perd plus facilement la tendance que d'autres causes pouvaient lui donner à cristalliser d'une toute autre manière. Mais ce qu'il y a de bien remarquable dans cette expérience, c'est que le sulfate de zinc ou le sulfate de magnésie ne tendent pas par eux-mêmes à ramener le sulfate de fer au rhomboèdre primitif; ils le sollicitent au contraire à prendre la forme d'un rhomboèdre *basé* très-profondément ; de sorte qu'il faut que le sulfate de cuivre détruise encore leur action modifiante, d'ailleurs très-énergique. En analysant les effets que chaque sel peut produire dans le mélange, on est conduit à admettre que l'action principale du sulfate de zinc ou de magnésie, est de détruire les facettes additionnelles latérales, et que celle du sulfate de cuivre est particulièrement d'empêcher le remplacement du sommet. Nous avons déjà vu que c'est par-là que le sulfate de cuivre commence son effet lorsqu'il est en petite quantité.

§ 43. Le sulfate de nickel détermine également le sulfate de fer à prendre la forme rhomboèdre. L'opération réussit plus facilement encore qu'avec le sulfate de cuivre ; elle a même lieu immédiatement sur toute espèce de sulfate de fer,

sans qu'il soit nécessaire d'ajouter beaucoup de sulfate de nickel. J'observerai que quand ce dernier sel est très-abondant, les cristaux résultans s'altèrent très-facilement à l'air.

§ 44. Le mélange du sulfate de zinc provoque dans le sulfate de fer une variation d'un autre genre; il détermine généralement ce sel à affecter le rhomboèdre tronqué plus ou moins profondément au sommet. S'il est en petite quantité, il provoque déjà cette troncature; mais alors la face qui en résulte est très-peu étendue, et les cristaux conservent la plupart des facettes latérales que le sel prend en cristallisant dans l'eau pure. A mesure qu'on augmente la quantité de sulfate de zinc, le plan qui remplace le sommet devient plus large, et les facettes latérales deviennent de plus en plus petites, jusqu'à ce qu'enfin elles disparaissent totalement.

Dans le courant de ces expériences on voit encore, comme dans les précédentes, percer l'influence particulière de la surabondance d'acide dans la solution, et ce n'est qu'en la détruisant que l'on détermine l'effet complet du sulfate de zinc. Aussi, en général, obtient-on plus parfaitement les cristaux rhomboèdres *basés* en introduisant le sulfate de zinc par l'intermède d'un sel facilement décomposable.

§ 45. Le sulfate de magnésie paraît avoir le même genre d'action que le sulfate de zinc; il tend à faire prendre la même forme au sulfate de fer, et à faire disparaître toutes les facettes latérales, lorsqu'il est en quantité suffisante dans la solution. Les facettes désignées par la lettre *o* dans les figures de M. Haüy (*pl. LXXIX*) sont celles que les cristaux conservent avec le plus de force.

§ 46. Le sulfate d'alumine sans excès d'acide, mélangé avec le sulfate de fer, paraît tendre en général à en simplifier les formes. Ainsi, du sulfate de fer qui, dans l'eau pure, cristallisait en rhomboèdres modifiés à-la-fois sur tous les angles et toutes les arêtes (variété *pantogène* (*H.*, *pl.* *LXXIX*, fig. 175), a été ramené, par le mélange du sulfate d'alumine, à un rhomboèdre remplacé seulement sur les angles latéraux par des facettes triangulaires (variété *unitaire*, *H.*, *pl. LXXIX*, fig. 172). Du sulfate de fer, qui présentait la variété *équivalente* (fig. 174), a été ramené, par la même cause, à la variété plus simple, nommée *triunitaire*, 173, et à la variété *épointée*, fig. 171.

On rencontre assez fréquemment la variété *unitaire* dans le sulfate de fer du commerce; mais toutes les fois que j'ai trouvé cette forme, le sel renfermait toujours une quantité plus ou moins grande de sulfate d'alumine; si bien qu'en ajoutant un sel de potasse ou d'ammoniaque à la solution, il se formait des cristaux d'alun. Cette circonstance m'a fait manquer plusieurs fois les expériences que j'avais entreprises.

L'alun ammoniacal, mélangé dans une solution de sulfate de fer, ramène presque toujours immédiatement ce sel à la variété *unitaire*. Je soupçonne que, dans ce cas, le sulfate d'ammoniaque est décomposé par la chaleur, et qu'il reste alors dans la solution du sulfate simple d'alumine, qui agit comme dans l'expérience précédente. Quoi qu'il en soit, je n'ai jamais obtenu ce résultat avec l'alun purement potassé, qui, en général, ne me paraît avoir aucune ac-

tion pour faire varier les formes du sulfate de fer (*).

§ 47. Le sulfate de soude me paraît avoir aussi peu d'action sur le sulfate de fer; cependant j'ai quelquefois obtenu, lorsque ce sel était présent dans la solution, des rhomboèdres remplacés très-profondément sur tous leurs angles solides (variété *épointée* (*H., pl. LXXIX*, fig. 171), quoique les cristaux formés dans l'eau pure fussent très-différens.

§ 48. Je n'ai pu examiner suffisamment l'action que le sulfate de potasse ou le sulfate d'ammoniaque peuvent avoir sur le sulfate de fer, parce qu'il se forme trop rapidement des sulfates doubles. Cependant, comme ces derniers sels cristallisent promptement, je suis quelquefois parvenu, après avoir décanté et concentré un peu la solution surabondante, à obtenir des cristaux de sulfate de fer, qui dès-lors différaient toujours de ceux qui s'étaient formés

(*) J'observerai ici que l'alun, quel qu'il soit, me paraît peu susceptible d'être mélangé d'une grande quantité d'un autre sel; je n'ai jamais pu y introduire plus de 8 à 10 pour 3 de sulfate de fer. Cependant Leblanc a annoncé (*Journal de Physique*, tome XXXI, page 96), que l'alun pouvait se surcomposer de moitié de sulfate de fer, et conserver la forme octaèdre. Je serais porté à soupçonner quelque erreur dans ce résultat, et je croirais en trouver la cause dans une expérience isolée, et dont je ne puis guère détailler les circonstances, où j'ai obtenu, d'un mélange de sulfate de fer et d'alun, des cristaux distincts par leur couleur, qui, au premier abord, paraissaient tous octaèdres; mais dans la réalité les uns étaient des octaèdres d'alun, et les autres des rhomboèdres de sulfate de fer *basés* très-profondément, lesquels, comme on sait, ressemblent à des octaèdres. Or, ces derniers renfermaient environ 70 centièmes d'alun; de sorte que je soupçonne que ce sont eux qui ont trompé Leblanc.

dans l'eau pure; mais dans les diverses expériences de ce genre j'ai toujours obtenu dans les cristaux quelques petites différences, qui peut-être tenaient à la proportion du mélange.

D'après les expériences que je viens de citer, il me parait certain que le sulfate de fer est susceptible d'affecter des variétés de formes différentes, suivant qu'il se trouve mélangé de telle ou telle espèce de sel en plus ou moins grande quantité. Je vais faire voir que plusieurs autres sels sont également dans le même cas.

§ 49. *Le sulfate de cuivre* subit aussi, suivant les différens mélanges, des variations de formes plus ou moins remarquables. Celui dont je me suis constamment servi présentait, en cristallisant dans l'eau pure, la variété de forme que M. Haüy a nommée *isonome* (*H.*, *pl. LXXIII*, fig. 108) : les facettes *s*, *y*, *u* étaient en général fort petites; et on distinguait en outre sur quelques cristaux les facettes *k* très-étroites de la variété *soutriple*, fig. 110. Ce sulfate de cuivre, mélangé avec divers autres sels, m'a présenté les résultats suivans.

Avec le sulfate de zinc en petite quantité, il se fait peu de changement; mais la facette *i* (*H.*, *pl. LXXIII*, fig. 112), qui est en général fort rare, vient presque toujours se joindre à la facette *s*, et alors l'angle solide aigu du cristal se trouve modifié par deux petits plans triangulaires allongés.

Une plus grande quantité de sulfate de zinc ramène les cristaux à une forme plus simple, qui présente en général le parallélipipède primitif très-aplati et modifié seulement par un

plan étroit qui remplace les arêtes latérales obtuses (*H.*, *pl. LXXII*, fig. 104).

§ 50. Avec le sulfate de nickel il ne se forme pas de variétés distinctes; mais les cristaux *isonomes* prennent un aspect particulier. Le prisme s'allonge beaucoup, et les facettes *r*, par leur extension, lui donnent une forme octogone assez régulière, tandis que les facettes *y*, *u*, *k*, *s*, devenues très-étroites, modifient les bords aigus de sa base d'une manière en apparence assez uniforme.

§ 51. Avec le sulfate d'alumine on obtient à-peu-près le même effet; mais les facettes latérales *n* deviennent si étroites, que le cristal se présente comme un prisme hexagone. L'alun ammoniacal conduit au même résultat.

§ 52. Le sulfate de magnésie, introduit dans une solution de sulfate de cuivre, produit en général dans les cristaux de ce sel un grand aplatissement, parallèlement aux faces du prisme; s'il est en petite quantité, il ne produit pas d'autre effet; mais lorsqu'il est en quantité plus grande, comme par exemple les 30 ou 40 centièmes de la masse, les cristaux de sulfate de cuivre qu'on obtient se trouvent tronqués très-profondément sur les angles solides aigus, et se présentent comme des lamelles hexagonales, biselées sur leurs bords. En général ces cristaux ont une grande tendance à se contourner et à se grouper inégalement.

S'il arrive que la solution renferme la moindre trace de sulfate de fer, il se forme en même temps des cristaux rhomboèdres qui appartiennent à ce sel.

§ 53. Le sulfate de soude détermine, par son

mélange avec le sulfate de cuivre, des résultats fort remarquables ; s'il se trouve en assez grande quantité dans la solution, on obtient le sulfate de cuivre sous une forme très-compliquée, qui, outre plusieurs facettes connues, présente des faces particulières dont les lois n'ont pas été déterminées : en général ces cristaux, par l'ensemble de leur figure, s'éloignent beaucoup de ceux qu'on obtient habituellement ; il arrive quelquefois que les deux sommets ne sont pas semblables (*).

J'observerai que ces cristaux s'altèrent bien plus facilement à leur surface que les cristaux purs, et que l'application de la moindre chaleur suffit pour les faire blanchir jusqu'au centre et tomber en poussière.

§ 54. Le sulfate de potasse produit également des variations très-remarquables sur la cristallisation du sulfate de cuivre ; mais il est assez difficile de les obtenir, parce qu'il se forme très-facilement des sels doubles. Cependant, en n'employant que de très-petites quantités de sulfate de potasse, on parvient à avoir des cristaux très-nets de sulfate de cuivre, qui, dans le prisme, présentent toujours les facettes M, T, *n*, *r*, *l*. Quant aux facettes du sommet, il me paraît que le nombre varie suivant la quantité de sulfate de potasse : lorsqu'elle est très-petite, la face primitive est fort large ; mais lorqu'elle devient plus grande, il se forme

(*) Il me serait impossible de donner ici une description exacte de ces formes, sans entrer dans des détails cristallographiques qui m'éloigneraient de mon sujet. Je me propose de les décrire dans un mémoire particulier, sur la cristallisation de diverses espèces de sels.

un pointement trièdre assez régulier; quelquefois il s'y joint encore une ou deux petites facettes, et le sommet a beaucoup d'analogie avec celui des cristaux mélangés de sulfate de soude.

§ 55. Au lieu de sulfate de potasse, j'ai quelquefois employé le nitrate, dont une petite quantité est décomposée pendant l'opération. Les cristaux de sulfate de cuivre, qu'on obtient alors, sont extrêmement raccourcis; la facette latérale *n* est très-étendue, et le sommet présente un ensemble particulier de facettes que je n'ai jamais obtenu d'aucune autre manière.

§ 56. Le sulfate d'ammoniaque est aussi très-difficile à employer, parce qu'il forme également un sel double avec le sulfate de cuivre. Néanmoins, en mettant celui-ci en très-grande quantité dans la solution, on obtient à la fin de l'opération quelques petits cristaux qui se déposent sur le sel double. Ces cristaux présentent encore une forme particulière. Le prisme est formé par les facettes M, T, *n*, *l*, *r*; mais le sommet présente un pointement à quatre faces triangulaires, dont les arêtes de jonction forment deux lignes dirigées suivant les diagonales de la forme primitive. Quelquefois deux de ces faces sont si petites que le cristal semble terminé par un sommet dièdre, composé de deux faces triangulaires qui se réunissent au-dessus de la grande diagonale de la forme primitive.

Ces divers résultats me paraissent suffisans pour établir en principe que la cristallisation du sulfate de cuivre peut varier de diverses manières, suivant les différens mélanges chimiques dont le sel est susceptible.

§ 57. J'ai fait aussi beaucoup d'expériences du même genre sur le *sulfate d'ammoniaque*, qui, suivant les divers mélanges, a présenté des variations plus ou moins remarquables; mais il me serait difficile d'en donner une idée suffisante sans entrer dans de grands détails cristallographiques, parce que la cristallisation de ce sel n'a pas encore été décrite. A l'état de pureté il m'a présenté une table carrée, à double biseau sur les bords, comme la baryte sulfatée que M. Haüy a nommée *trapézienne* (*H.*, *pl. LXXV*, fig. 112); mais par le mélange du sulfate de potasse, du sulfate de soude, etc., il s'est formé, outre des sels doubles, des cristaux de sulfate d'ammoniaque, qui différaient beaucoup de la variété que je viens de citer.

§ 58. J'ai fait aussi des expériences sur le *sulfate de zinc*, le *sulfate de magnésie*, le *nitrate de potasse*, etc. Mais en général les mélanges que j'ai pu introduire n'ont produit aucun effet particulier sur la cristallisation de ces sels.

§ 59. Avant de terminer cette section, je rappellerai encore que le *muriate de soude* mélangé d'urée cristallise en octaèdre; c'est ce qui a été bien prouvé par MM. Vauquelin et Fourcroy, et ce que j'ai observé également dans des expériences à ce sujet; mais je remarquerai que la forme octaèdre n'est complète que dans le cas où il y a une assez grande quantité d'urée dans la solution; qu'autrement on obtient des octaèdres passant au cube par le remplacement des angles solides. Le muriate d'ammoniaque, mélangé d'urée, affecte la forme cubique, tandis que, dans l'eau pure, l'octaèdre est la forme qu'il prend habituellement.

QUATRIÈME SECTION.

Influence qu'exerce sur les formes cristallines la surabondance d'un des principes constituans dans la solution.

§ 60. Dans le courant des expériences dont je viens de citer les résultats, j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'observer qu'il fallait opérer identiquement avec les mêmes sels pour obtenir constamment les mêmes variétés de cristallisation; qu'il fallait souvent, pour parvenir à un résultat fixe, employer divers moyens qui devaient nécessairement altérer l'état chimique de la solution.

Enfin j'avais observé que des cristallisations successives déterminaient quelquefois des formes particulières, dont aucune des expériences antérieures ne pouvait me rendre raison.

Les considérations fondamentales et les expériences que M. Berthollet a rapportées dans sa *Statique chimique* (tome Ier., 5e. section), m'ont conduit à penser que ces différens effets étaient dus à la surabondance d'un des principes constituans du corps dans la solution. J'ai imaginé, que, en général, ces différences de proportions pouvaient avoir une grande influence sur la production des diverses variétés de formes qu'un même sel peut affecter; et j'ai fait à cet égard des expériences directes que je partagerai en trois divisions.

(*) *Variations occasionnées par les différences de base et d'acide dans la solution.*

§ 61. *Le sulfate de fer*, d'après les diverses expériences auxquelles je l'ai soumis, me paraît

en général prendre des formes plus compliquées lorsque la solution renferme une surabondance d'acide, que lorsqu'elle est à un état à-peu-près neutre. En effet, une solution de sulfate de fer qui cristallisait naturellement en rhomboèdre remplacé sur toutes les arêtes, et sur tous les angles solides (variété *pantogène*. H. *pl. LXXIX*, fig. 175), n'a plus donné que des cristaux modifiés sur les angles (variété *épointée*, fig. 171); après avoir bouilli pendant quelque temps sur du carbonate ou de l'oxide vert de fer, l'addition de quelques gouttes d'acide sulfurique a de nouveau donné lieu à des rhomboèdres plus modifiés, qui présentaient la variété *équivalente*, fig. 174.

Si on prend du sulfate de fer, qui, par suite du mélange d'une certaine quantité de sulfate de cuivre, cristallise dans l'eau pure en rhomboèdre complet, on est toujours sûr de provoquer des modifications sur les parties latérales, en ajoutant quelques millièmes d'acide sulfurique à sa solution. De même les cristaux en rhomboèdres *basés*, déterminés par le mélange du sulfate de zinc, conservent toujours des facettes additionnelles latérales, si l'acide est en excès dans la solution.

Réciproquement, si les deux sortes de mélanges que nous venons de citer ont laissé subsister des facettes additionnelles, il suffit, pour les faire disparaître, de supprimer une portion de l'acide, soit en faisant bouillir la solution sur du carbonate ou de l'oxide vert de fer, soit en neutralisant le mélange par l'intermède d'un sel facilement décomposable.

§ 62. *Le sulfate de cuivre*, suivant les diffé-

rentes proportions d'acide que renferme sa solution, présente aussi des variations de formes; mais, au contraire du sulfate de fer, il paraît que la surabondance d'acide simplifie les formes, tandis que la surabondance de base les complique. En effet, du sulfate de cuivre qui, dans l'eau pure, cristallisait sous la forme que M. Haüy a nommée *isonome*, a perdu en cristallisant dans l'eau mélangée d'acide sulfurique, toutes les facettes supérieures, et n'a plus présenté que les variétés *périhexaèdre* ou *périoctaèdre*, en cristaux d'un bleu blanchâtre nacré. Ces cristaux, qui dans le principe étaient groupés, se sont tous séparés après quelques jours d'exposition à l'air.

La solution de ce même sulfate de cuivre, traitée par un précipité récent d'oxide de ce métal, a donné des formes assez compliquées et très-différentes de la variété *isonome*. Les cristaux obtenus étant placés dans leur position naturelle, présentent un prisme à huit pans très-court, terminé par une large facette oblique, et par plusieurs petites facettes particulières, aux angles solides aigus. La facette *n* du prisme est tellement étendue, qu'on est tenté de placer les cristaux dans le sens de leur plus grande longueur; c'est alors qu'ils se présentent, comme l'a dit Leblanc, en prisme quadrilatère, terminé par des espèces de pyramides à facettes inégales.

Si, au lieu de faire bouillir la solution de sulfate de cuivre sur un précipité récent de ce métal, on y fait dissoudre de l'acétate de cuivre, dont l'effet est encore de diminuer la quantité d'acide sulfurique, on obtient des cristaux qui se rapprochent beaucoup des précédens, mais

qui cependant présentent quelques différences que je suis porté à attribuer à ce que la quantité d'acide soustraite est plus petite.

§ 63. Le *sursulfate de potasse* m'a aussi présenté des variations suivant qu'il a cristallisé dans des solutions plus ou moins acides. Si on fait dissoudre du sulfate ordinaire de potasse dans de l'acide sulfurique concentré, on n'obtient en général qu'un magma informe par la cristallisation; mais si on ajoute seulement quelques gouttes d'eau, ou que la solution reste exposée à l'air pendant quelques jours, il se forme des cristaux de sulfate acide de potasse, qui représentent assez un tétraèdre irrégulier, et qu'on rangera probablement parmi les cristallisations indéterminées. Si l'acide sulfurique qu'on emploie est étendu de son volume d'eau, on obtient le sursulfate sous la forme de rhomboèdres aigus parfaitement nets. Si l'acide est étendu du double de son volume d'eau, on obtient des rhomboèdres *basés* (*); et enfin les solutions légèrement acidulées donnent des cristaux compliqués de plusieurs facettes particulières (**).

§ 64. Quant au *sulfate de potasse simple*, je n'oserais pas précisément affirmer que les formes sont différentes suivant les quantités d'acide renfermées dans la solution; cependant, toutes les fois que j'ai ajouté de la potasse à la solution, ou que je l'ai fait bouillir sur du carbonate de fer, j'ai obtenu de très-petits cristaux prismatiques

(*) C'est cette forme que Romé-Delisle a citée comme un octaèdre irrégulier dans sa *Cristallographie*, t. Ier., p. 299 (note).

(**) Ces divers résultats sont assez en rapport avec ceux que M. Berthollet a cités. *Statique chimique*, t. Ier., p. 356.

très-allongés, terminés par des petites pyramides, quoique dans l'eau pure le sel cristallisât naturellement en dodécaèdre bipyramidal.

§ 65. Le *sulfate double de potasse et de magnésie*, en cristallisant dans une eau mêlée d'acide sulfurique, a donné des cristaux assez gros, très-nets, en prisme tétraèdre oblique, remplacés sur deux angles solides obtus par de larges facettes triangulaires, tandis que dans l'eau pure ces deux angles obtus étaient intacts, et les autres, au contraire, modifiés par diverses facettes.

§ 66. Les résultats les plus frappans relativement aux variations de formes occasionnées par les différences entre les proportions de base et d'acide dans la solution, et sur-tout relativement aux phénomènes particuliers que présente l'expérience, sont ceux que j'ai obtenus avec l'*alun*.

Si on fait bouillir une solution de ce sel sur un carbonate insoluble (les carbonates de fer, de plomb, de zinc, de magnésie, d'alumine, etc.), dont l'effet est d'enlever une portion d'acide, on est toujours sûr d'obtenir ensuite par la cristallisation, de l'alun sous la forme cubique; mais il est important de remarquer que les cristaux de cette forme ne se précipitent pas immédiatement, et que ce n'est qu'après plusieurs cristallisations successives, et pour ainsi dire comme par degrés qu'on arrive jusqu'à eux. En effet, lorsqu'après avoir fait bouillir une solution d'alun sur un carbonate insoluble, avoir filtré et évaporé convenablement, on l'abandonne à la cristallisation, on obtient d'abord des octaèdres parfaits. En faisant évaporer de nouveau et cristalliser, on obtient des cristaux cubo-octaèdres,

et les faces du cube sont toujours plus larges sur les cristaux qui se déposent les derniers. Après une troisième évaporation, on obtient des cristaux cubiques parfaits; enfin, en dernier résultat, on n'obtient plus qu'un magma incristallisable.

Si on fait bouillir la solution d'alun assez de temps sur le carbonate insoluble en quantité convenable, on peut obtenir des cristaux cubo-octaèdres, et même des cristaux cubiques, dès la première cristallisation; mais alors la quantité de matière incristallisable est d'autant plus grande.

Je n'ai indiqué jusqu'ici les carbonates insolubles pour amener l'alun à la forme cubique, que dans l'intention de faire mieux concevoir ce qui se passe dans l'opération. On peut aussi, avec les carbonates solubles de potasse ou de soude, parvenir au même résultat; mais il me semble qu'il y a alors deux effets distincts. Aussitôt après l'addition du carbonate soluble, il se forme un précipité de carbonate d'alumine qui provient de la décomposition totale d'une portion d'alun: ce nouveau carbonate réagit ensuite sur la liqueur restante, pour lui enlever une portion d'acide; et c'est par suite de cette seconde action qu'on obtient des cristaux cubiques: si on empêche son effet, en filtrant la solution à l'instant même où l'on ajoute le carbonate soluble, il ne se produit aucun changement dans les formes de l'alun qui reste dissous. D'après cette manière de voir, je ne crois pas que l'alun cubique soit dû, comme on l'a dit quelquefois, à un excès d'alcali.

Ces expériences font voir évidemment que l'alun ne prend la forme cubique que par suite de la perte que fait la solution d'une portion de

son acide; c'est ce que démontre encore l'expérience inverse; car si on reprend ces cristaux cubiques, et qu'on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique à la solution, on obtient ensuite des cristaux cubo-octaèdres, ou même tout-à-fait octaèdres.

§ 67. Si on peut obtenir de l'alun cubique en traitant la solution de ce sel par un carbonate quelconque, il est encore un autre moyen de parvenir facilement au même résultat. Il suffit, pour cela, d'ajouter du souborate de soude à une solution d'alun, et de l'abandonner ensuite à la cristallisation. On obtient d'abord des cristaux octaèdres tronqués sur les angles, puis des cristaux cubiques qui conservent des traces de l'octaèdre, et enfin des cubes parfaits. Il se dépose en même temps que ces derniers cristaux, du borate d'alumine en paillettes nacrées, très-douces au toucher.

Si on se sert d'alun très-pur, et qu'on y ajoute du borate de soude neutre ou une très-petite quantité de souborate de soude, il arrive presque toujours qu'on obtient des cristaux qui présentent à-la-fois les faces du cube, celles de l'octaèdre et celles du dodécaèdre rhomboïdal; mais les premières sont ordinairement les plus grandes.

Il me paraît que les résultats de ces expériences peuvent s'expliquer ainsi. La soude que renferme une quantité donnée de souborate de soude met à nu une quantité d'alumine plus grande qu'il ne faut pour saturer l'acide borique, dès-lors la portion d'alumine surabondante réagit sur l'alun restant pour enlever une portion d'acide. Dans le cas où on emploie du borate

de soude neutre, la quantité d'alumine précipitée est proportionnellement plus petite que dans le cas précédent; dès-lors il en reste moins de libre après la saturation de l'acide borique, et par conséquent l'action exercée postérieurement sur l'alun étant beaucoup moins forte, ne peut donner lieu à des cristaux complétement cubiques.

En général, diverses modifications cristallines plus ou moins remarquables que j'ai obtenues par suite de l'action chimique réciproque de diverses sortes de corps réunis dans la même solution, me paraissent ne pouvoir être expliquées que par les variations apportées dans les proportions relatives des principes que renferme la solution; tels sont, par exemple, les résultats qu'on obtient de la solution de l'alun dans l'acide nitrique, dans l'acide muriatique, de la solution de sulfate de fer dans l'alcool, l'acide acétique, les variations que présentent le phosphate de soude par plusieurs solutions et cristallisations successives, etc., etc.

(**) *Variations occasionnées dans les sels doubles par les différences entre les quantités relatives des sels composans renfermés dans la solution.*

§ 68. Les expériences précédentes me faisaient connaître que les différences de proportions relatives de base et d'acide pouvaient occasionner des variations de formes dans les différens sels simples, ou même dans ceux qui résultent de la combinaison de deux sels, et qu'on désigne ordinairement sous le nom de *sels doubles*; mais à l'égard de ces derniers, il me paraissait

important de savoir aussi ce que pourraient produire les différences entre les quantités relatives des sels composans renfermés dans la solution, parce que les résultats devenaient directement applicables, par analogie, à diverses substances minérales, que l'on peut soupçonner formées, à la manière des sels doubles, par la combinaison de deux ou d'un plus grand nombre de substances distinctes, dont l'une ou l'autre a pu être plus ou moins abondante lorsque le corps s'est formé.

Les expériences que j'ai faites à ce sujet n'ont pas été nombreuses, mais elles me paraissent assez satisfaisantes; en effet:

§ 69. Le *sulfate double de potasse et de magnésie* affecte, en cristallisant, un prisme rhomboïdal oblique bien complet (que je considère comme la forme primitive de ce sel), toutes les fois que la solution renferme beaucoup plus de sulfate de magnésie que de sulfate de potasse. Si au contraire le sulfate de potasse est surabondant, on obtient des prismes modifiés sur les quatre angles solides aigus; dans des proportions intermédiaires, on obtient des modifications diverses sur les arêtes et sur les angles.

§ 70. Le *sulfate double d'ammoniaque et de magnésie* est aussi dans le même cas; il affecte en général des formes plus simples lorsque le sulfate de magnésie est plus abondant. Le *sulfate double de potasse et de cuivre* donne presque toujours la forme primitive, qui est aussi un prisme rhomboïdal oblique lorsque le sulfate de cuivre est en grande quantité dans la solution, et on voit les formes se compliquer à mesure que la proportion de sulfate de potasse augmente,

Le *sulfate double d'ammoniaque et de cuivre*, celui *de potasse et de zinc*, *de potasse et de nickel*, présentent de même des variations dans leurs formes cristallines, suivant que l'un ou l'autre des sels composans est en plus ou moins grande quantité (*).

§ 71. J'ai fait aussi varier dans les solutions d'*alun* les quantités relatives de *sulfate de potasse* et de *sulfate d'alumine*; mais je n'ai obtenu que peu de changemens dans la cristallisation. Si on emploie de l'alun parfaitement pur, qui ordinairement cristallise en octaèdre complet, et qu'on ajoute à sa solution une assez grande quantité de sulfate d'alumine, on obtient, en faisant cristalliser rapidement des cristaux laiteux qui présentent à-la-fois les facettes du cube, de l'octaèdre, et du dodécaèdre rhomboïdal. Si on fait cristalliser lentement, on n'obtient que l'octaèdre simple.

L'addition du sulfate de potasse à une solution d'alun pur, ne produit ordinairement aucun effet; mais dans une des expériences de ce genre, j'ai obtenu des cristaux d'alun, dont les quatre arêtes qui forment la base commune des deux pyramides de l'octaèdre, étaient remplacées par des plans assez étendus; de sorte que les cristaux se présentent comme des prismes à base carrée, terminés à chaque extrémité par une pyramide tétraèdre : c'est un cas d'exception à la symétrie ordinaire des modifications, mais qui ne peut pas, plus que quelques autres, détruire la loi

(*) Ces différens sels doubles, comparés entre eux sous le rapport de leur cristallisation, présentent des relations mutuelles fort remarquables; mais ce serait sortir de mon sujet que de les exposer ici.

générale ; il prouve au contraire que les diverses exceptions connues doivent tenir à des circonstances particulières de formations.

Si à de l'alun mélangé de sulfate d'alumine, comme celui dont j'ai parlé tout-à-l'heure, on ajoute du sulfate de potasse, il se reforme de l'alun en proportions définies, qu'on obtient sous la forme d'octaèdre complet, quelle que soit la promptitude ou la lenteur de la cristallisation.

(***) *Variations cristallines d'une solution dans laquelle on a réuni des portions d'une même substance qui étaient cristallisées différemment.*

§ 72. Les résultats que m'a présentés la cristallisation de l'alun dans l'acide muriatique, et ceux que j'ai obtenus dans l'expérience relative à la formation de l'alun cubique, m'ont conduit à quelques recherches particulières que je vais maintenant exposer.

J'ai fait remarquer qu'en traitant l'alun par un carbonate insoluble pour parvenir à obtenir des cristaux cubiques, il se déposait des cristaux de différentes formes aux différentes époques de cristallisation de la solution. J'ai recueilli séparément ces divers cristaux dans l'intention de les soumettre à diverses épreuves que j'avais imaginées. J'ai d'abord fait redissoudre dans l'eau les cristaux qui avaient pris la forme octaèdre, puis j'ai abandonné la solution à l'évaporation lente spontanée. J'ai obtenu pour résultats un grand nombre de cristaux octaèdres parfaits, et quelques petits cristaux cubiques.

Ayant fait redissoudre aussi les cristaux cubiques, et soumis la solution à l'évaporation

lente spontanée, j'ai obtenu d'abord quelques cristaux octaèdres, puis un grand nombre de cristaux cubiques.

Enfin les cristaux cubo-octaèdres, soumis à la même épreuve, ont donné à-peu-près autant de cristaux octaèdres que de cristaux cubiques.

Les deux premiers résultats m'ont fait soupçonner que, dans l'opération primitive, j'avais trop précipité la cristallisation, et que dès-lors les cristaux octaèdres, en se formant, avaient entraîné, en quelque sorte mécaniquement, quelques portions d'alun cubique; de même que les cristaux cubiques avaient entraîné quelques portions d'alun octaèdre. J'ai répété alors l'expérience fondamentale, et après avoir fait bouillir la solution d'alun sur un carbonate insoluble et avoir filtré, je l'ai abandonnée immédiatement à l'évaporation lente spontanée. Dans ce cas il s'est formé, l'une après l'autre, deux sortes de cristaux, les premiers octaèdres, les autres cubiques; et il n'y a pas eu de cristaux intermédiaires sous la forme cubo-octaèdre. J'ai recueilli ces cristaux séparément, puis je les ai fait dissoudre à part, et j'ai soumis leurs solutions à l'évaporation lente. Je n'ai obtenu alors dans chaque expérience que des cristaux entièrement semblables à ceux que j'avais fait dissoudre.

Pour faire une expérience synthétique comparative, j'ai fait dissoudre dans l'eau parties égales de cristaux octaèdres et de cristaux cubiques d'alun. J'ai partagé la solution en deux portions, dont l'une a été abandonnée à l'évaporation lente spontanée, et l'autre a été évaporée au feu, de manière à ce qu'elle pût donner

promptement des cristaux par le refroidissement. Dans la première portion de solution, les cristaux octaèdres et cubiques se sont déposés l'un après l'autre séparément ; dans la seconde, il s'est formé d'abord quelques cristaux octaèdres, puis une grande quantité de cristaux cubo-octaèdres, et enfin des cristaux cubiques.

Les cristaux cubo-octaèdres ayant été redissous de nouveau, et leur solution abandonnée à l'évaporation lente, les formes octaèdres et cubiques se sont de nouveau séparées.

§ 73. Ces résultats me paraissent extrêmement importans, tant sous le rapport de la théorie des variations de formes d'une même substance, que sous celui de la composition même des cristaux de diverses formes ; ils me semblent conduire à admettre que les cristaux cubiques et les cristaux octaèdres sont des composés d'un ordre particulier, qui ont différens degrés de solubilité, et qui, d'après cela, sont susceptibles de se précipiter l'un après l'autre d'une même solution (comme il résulte de quelques-unes de mes expériences), de se mélanger chimiquement (et alors l'un d'eux imprime sa forme à l'autre), ou enfin de se réunir en un seul composé particulier, qui donne lieu à des cristaux qui participent à-la-fois du cube et de l'octaèdre. Ce dernier fait prouve en outre que ces deux composés ne constituent pas deux espèces distinctes.

D'après cela je serais porté à concevoir que les cristaux naturels, où l'on reconnaît les traces de plusieurs formes particulières, pourraient quelquefois être considérés comme résultans

de la réunion de diverses combinaisons des mêmes principes en proportions différentes, et dont chacune, étant isolée, donnerait la forme complète dont le cristal en question ne porte que des traces.

Si cette présomption ne peut être appuyée sur aucune observation constante, relativement aux substances minérales, les expériences que j'ai citées ne peuvent laisser aucun doute relativement aux substances salines artificielles; mais à cet égard j'en ai fait encore une autre qui trouve naturellement ici sa place.

§ 74. Je m'étais procuré dans le commerce de l'alun assez opaque en gros cristaux groupés, qui présentaient à-la-fois les faces de l'octaèdre, celles du cube et celles du dodécaèdre (variété *triforme, H., pl. XXIX*, fig. 162). J'en ai fait dissoudre une certaine quantité dans l'eau pure, et j'ai abandonné la solution à l'évaporation lente. Il s'est formé d'abord des cristaux octaèdres tronqués sur les arêtes, puis des octaèdres passant en cube. Ayant recueilli ces deux sortes de cristaux, je les ai soumis séparément à plusieurs solutions et cristallisations successives, et je suis parvenu à en obtenir des octaèdres parfaits.

J'ai recueilli alors toutes les portions de liquide qui me restaient, et après avoir fait évaporer convenablement par la chaleur, j'ai abandonné le tout à l'évaporation spontanée. Il s'est encore déposé des cristaux cubo-octaèdres, qui, par des solutions et cristallisations successives, ont donné des octaèdres parfaits; mais le reste de la solution a donné successivement des cristaux cubiques qui conservaient encore les

traces de l'octaèdre, puis des cristaux cubiques parfaits, et enfin des cristaux cubo-dodécaèdres; mais quelques moyens que j'aie pris, je n'ai pu obtenir les dodécaèdres isolément. Ces derniers cristaux étaient tous plus ou moins opaques, tandis que les cristaux octaèdres et cubo-octaèdres précipités avant eux étaient au contraire très-limpides. Le liquide restant après toutes ces opérations renfermait du sulfate d'alumine, et même de l'alumine pure.

Il me paraît évident, d'après cette expérience, que l'alun que j'ai employé était une réunion en proportions non définies d'acide sulfurique de potasse et d'alumine (et aussi d'ammoniaque, dont une partie s'est échappée pendant l'opération), et que de ces combinaisons, l'une était susceptible d'affecter la forme octaèdre, l'autre la forme cubique, et peut-être une troisième, capable de la forme dodécaèdre rhomboïdale; mais réunies ensemble par une circonstance particulière, elles ont donné lieu à des cristaux qui participaient à-la-fois des trois formes citées.

§ 75. Les diverses expériences rapportées dans cette division nous font voir comment il peut arriver qu'une même solution puisse donner des formes différentes aux diverses époques de cristallisation; et on conçoit ensuite que les mêmes circonstances pouvant avoir lieu dans la nature, il n'est pas étonnant de trouver des formes différentes d'une même substance sur un même groupe. Les différences de transparence qu'on observe souvent dans ce dernier cas, rappellent encore celles que je viens de faire remarquer dans les divers cristaux d'alun.

§ 76. Je ne rapporterai plus qu'une expérience très-ingénieuse de Leblanc, que j'ai répétée avec succès, et qui explique d'une manière claire les changemens qui arrivent quelquefois à certains cristaux par une suraddition de matière cristalline sur quelques-unes de leurs parties. On connaît la méthode que ce chimiste employait pour faire croître les cristaux en les changeant successivement de solution. Or, dans quelques expériences, après avoir obtenu des cristaux octaèdres d'alun d'une certaine grosseur, il les a placés dans une solution qui donnait naturellement des cristaux cubiques; il a observé alors qu'il se déposait autour du cristal des lames concentriques à l'octaèdre, mais qui, au lieu de terminer complétement ce polyèdre, laissaient à chaque angle une face qui formait le passage à la forme cubique, et donnait ainsi lieu à la variété cubo-octaèdre; cette face augmentait en étendue à mesure que le cristal devenait plus gros, et en dernier résultat l'octaèdre se trouvait tout-à-fait enfermé dans le cube circonscrit. Ce même résultat avait lieu en sens inverse sur des cristaux cubiques placés dans une solution qui donnait naturellement l'octaèdre. Ces cristaux cubo-octaèdres sont en général formés, comme ceux que j'ai obtenus dans les expériences précédentes, de deux composés distincts; mais il y a cette différence, que dans les cristaux de Leblanc, les composés différens sont seulement superposés, tandis que dans les miens ils sont réunis intimement.

RÉSUMÉ.

§ 77. Parmi les résultats que j'ai obtenus de mes expériences, il y en a qui m'ont présenté des formes cristallines différentes d'un même sel; d'autres m'ont offert seulement divers genres de phénomènes plus ou moins remarquables, mais sans changement de forme.

Les premiers, c'est-à-dire les variations de forme d'un même sel, dans des circonstances déterminées, étant d'un bien plus grand intérêt, tant par l'application plus immédiate qu'on peut en faire à la minéralogie, que parce qu'ils nous éclairent sur l'étude des subtances qui ont été l'objet de mes expériences, il m'a semblé utile de commencer par les isoler des autres en en présentant d'abord un résumé succinct, par ordre de substances : je les reprendrai ensuite avec tout l'ensemble des résultats de mes expériences, mais dans l'ordre général des phénomènes.

I. *Résumé particulier des variations de forme de plusieurs sels dans des circonstances déterminées.*

1°. *Sulfate de fer.*

§ 78. Ce sel cristallise constamment :

En rhomboèdre simple, par le mélange chimique du sulfate de cuivre ou du sulfate de nickel (§ 41 à 43);

En rhomboèdres tronqués au sommet, par le mélange du sulfate de zinc ou du sulfate de magnésie (§ 44 et 45);

En rhomboèdres tronqués sur les angles solides latéraux, par le mélange du sulfate d'alumine (§ 46);

En rhomboèdres tronqués à-la-fois sur tous les angles solides, par l'action du borate et du phosphate de soude, ou en cristallisant dans l'acide muriatique (§ 38, *b*).

L'addition de quelques gouttes d'acide sulfurique dans la solution détermine des facettes additionnelles que le sel ne prenait pas avant (§ 61).

La soustraction d'une portion d'acide, par un moyen quelconque, détruit au contraire la tendance que ce sel peut avoir naturellement à prendre diverses facettes additionnelles (§ 61).

Le mélange mécanique d'une matière étrangère détermine également plus de simplicité dans les cristaux (§ 28).

2°. *Sulfate de cuivre.*

§ 79. Ce sel, soumis à diverses épreuves particulières, a présenté :

La forme primitive tronquée sur les arêtes latérales obtuses, en cristallisant dans l'eau mélangée d'acide sulfurique (§ 62);

La forme primitive tronquée sur les arêtes latérales aiguës, très-allongée dans le sens du prisme, et modifiée à sa base par quelques facettes très-étroites, en cristallisant dans une solution de nitrate de cuivre (§ 37);

La forme primitive tronquée sur toutes les arêtes latérales, par le mélange du sulfate de nickel ou du sulfate d'alumine (§ 50, 51);

Enfin *des formes très-variées*, qui jusqu'ici n'ont pas été décrites par l'effet des mélanges des sulfates de soude, de potasse, d'ammoniaque, d'étain, de mercure, ou par l'effet de

la perte d'une portion de son acide, etc. (§ 52, 53, 54, 55, 56, 62).

3°. *Alun.*

§ 80. Dans des circonstances diverses ce sel donne :

L'octaèdre complet, lorsqu'il est pur et amené à un état bien fixe de combinaison, ou lorsqu'il est mélangé mécaniquement de matières étrangères (§ 28);

Le cube, lorsque la solution est privée d'une portion d'acide, soit par l'action d'un carbonate, soit par celle du sous-borate de soude (§ 66, 67);

Le cubo-octaèdre, en cristallisant dans l'acide nitrique, ou par suite de la cristallisation rapide d'une solution qui renferme en même temps de l'alun cubique et de l'alun octaèdre (§ 38, 72);

Le cubo-icosaèdre, en cristallisant dans l'acide muriatique (§ 38, *b*);

Le cubo-octo-dodécaèdre, par l'addition d'une petite quantité de borate de soude à une solution d'alun pure (§ 67).

4°. *Soude muriatée.*

§. 81 Ce sel cristallise :

En *cube*, dans l'eau pure;

En *octaèdre*, par le mélange chimique d'une quantité suffisante d'urée (§ 59);

En *cubo-octaèdre*, par le mélange d'une petite quantité d'urée, ou l'influence du borate de soude, ou mieux encore de l'acide borique (§ 59, 37).

5°. *Ammoniaque muriaté.*

§ 82. Ce sel cristallise :

En *octaèdre*, dans l'eau pure;

En *cube*, par le mélange d'une certaine quantité d'urée (§ 59);

En *cubo-octaèdre*, par l'influence d'un sel de cuivre dans la solution (§ 37).

6°. *Sulfate acide de potasse.*

§ 83. Ce sel cristallise :

En une espèce de *tétraèdre irrégulier*, dans l'acide sulfurique concentré (§ 63);

En *rhomboèdre complet*, dans l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau (§ 63);

En *rhomboèdre tronqué au sommet*, dans l'acide sulfurique étendu du double de son volume d'eau (§ 63);

En *cristaux plus ou moins compliqués*, à mesure que l'acide devient moins abondant dans la solution (§ 63).

7°. *Sulfate double de potasse de magnésie.*

§ 84. Ce sel affecte :

Un prisme oblique à base rhombe, lorsque le sulfate de magnésie est surabondant dans la solution (§ 69).

Le même prisme tronqué sur les deux angles solides obtus; en cristallisant dans l'eau mélangée d'acide sulfurique (§ 65);

Le même prisme modifié sur les angles solides aigus, lorsque le sulfate de potasse est surabondant (§ 69).

8°. *Sulfate double de potasse et de cuivre.*

§ 85. Ce sel affecte un *prisme oblique à base rhombe*, lorsque le sulfate de cuivre domine, et des formes plus ou moins compliquées, à mesure que les proportions des deux sels composans varient, ou que la quantité d'acide est plus ou moins abondante dans la solution, etc. (§ 70).

§ 86. En considérant tous ces résultats généralement, on reconnaît que les circonstances qui ont déterminé les variations de formes que je viens de citer, peuvent être réduites à quatre causes fondamentales; savoir :

1°. Les mélanges mécaniques de matières étrangères qu'un sel peut entraîner dans sa cristallisation ;

2°. L'influence des corps étrangers, solides, liquides, ou gazeux, qui peuvent se trouver en solution avec un sel, sans que les cristaux qui se précipitent en soient mélangés en aucune manière ;

3°. Les mélanges chimiques de matières étrangères qu'un sel peut entraîner avec lui dans sa cristallisation ;

4°. Les variations entre les proportions relatives des principes constituans des sels.

Chacune de ces quatre causes modifiantes générales détermine une forme particulière et constante, toutes les fois qu'elle agit isolément ; mais ce n'est que par des précautions particulières, dans des circonstances qu'il est difficile de rencontrer naturellement, qu'elles se trouvent ainsi isolées ; presque toujours plusieurs d'entre elles agissent simultanément, et c'est à ces actions, réunies deux à deux, trois à trois, etc., que paraît due la multiplicité des variétés cristallines qu'une même espèce de sel est susceptible d'affecter.

II. *Résumé général des différens effets produits par différentes causes dans la cristallisation des sels.*

§ 87. 1°. L'état de l'atmosphère, le plus ou le moins de promptitude de l'évaporation (lors-

qu'on opère sur des sels parfaitement fixes), la forme des appareils, leur nature, la masse de la solution, son état de concentration, ne paraissent influer en aucune manière sur les formes cristallines que peuvent prendre les sels. Les seuls effets que provoquent ces circonstances sont, plus ou moins de netteté, d'isolement et de grosseur dans les cristaux (§ 14 à 24).

2°. Par une atmosphère humide, les sels dans des solutions peu concentrées ont une grande tendance à grimper sur les parois des vases, où ils forment des végétations cristallines saillantes, qui s'accroissent de bas en haut par des molécules cristallines qui viennent s'appliquer au-dessous de celles qui se sont déposées les premières et les poussent constamment dehors (§ 15).

3°. Les solutions très-étendues, à l'abri du contact de l'air et sans évaporation quelconque, peuvent fournir des cristaux dans un espace de temps plus ou moins considérable; mais il paraît que cet effet a plus particulièrement lieu sur les sels qui possèdent le moins de solubilité (§ 17).

4°. Les cristaux sont en général d'autant plus gros que la masse de la solution saline dont ils se précipitent est plus considérable (§ 19).

5°. Les appareils étroits, en provoquant la même quantité de liquide à s'élever plus haut, déterminent dans les cristaux un volume beaucoup plus considérable que celui qu'ils prennent dans des appareils larges (§ 20).

6°. La nature des appareils, exerçant des attractions différentes sur les sels, détermine les cristaux à se déposer plus ou moins prompte-

ment, à se grouper de différentes manières dans les différentes parties de la solution; si les vases sont enduits d'une couche de graisse, la cristallisation se fait toute entière à la surface du liquide (§ 21).

7°. La position dans laquelle les cristaux se forment au milieu de la masse liquide n'a d'autre influence que de produire plus ou moins d'extension du cristal dans un sens plutôt que dans l'autre; les facettes qui terminent sont du reste constamment en même nombre et en même position (§ 22).

8°. La température et l'état électrique de la solution ne paraissent avoir aucune influence sur la forme des cristaux; seulement à des températures élevées la cristallisation est irrégulière, et les masses salines qui en résultent sont très-fragiles.

Les températures basses ne m'ont présenté des effets particuliers que dans des circonstances où les sels employés pouvaient avoir changé de nature (§ 23, 24).

9°. Les étincelles électriques lancées par momens sur une solution prête à cristalliser, déterminent des centres de cristallisation en étoiles. Les mouvemens vibratoires imprimés au vase qui renferme la solution provoquent des centres de cristallisation qui correspondent à-peu-près aux nœuds des vibrations (§ 24).

10°. Les matières en suspension presque permanente dans une solution saline n'exercent aucune action pour faire varier la cristallisation. Ces matières se déposent souvent par couches concentriques dans le cristal (*) (§ 26).

(*) Je rappellerai encore ce que j'ai déjà énoncé à ce sujet dans la 2e. section, que relativement à ce résultat et aux deux

11°. La cristallisation d'un sel ne peut s'opérer au milieu d'un dépôt de matières étrangères en particules très-fines et incohérentes, qu'autant qu'il surnage une portion de liquide au-dessus de ce dépôt. Les cristaux qui se forment sous cette condition entraînent toujours une portion de matière étrangère qui se trouve disséminée plus ou moins uniformément dans leur masse, et qui n'est jamais disposée par couches concentriques. Lorsque la solution est peu concentrée, les cristaux se groupent les uns sur les autres, et ils sont toujours d'une forme plus simple, plus régulière que celle qu'ils auraient adoptée en se formant librement. Dans le cas d'une solution très-concentrée, il se forme dans le dépôt des cristaux isolés, dont les faces sont creusées plus ou moins profondément en trémies (§ 27 à 30).

12°. La cristallisation d'un sel peut s'effectuer au milieu d'un dépôt de consistance gélatineuse, sans qu'il y ait du liquide surnageant. Les cristaux n'entraînent alors aucune portion de matière étrangère, et ne subissent aucune variation de forme; mais ils sont presque toujours isolés, d'une régularité et d'une netteté remarquables dans toutes leurs parties (§ 31, 32, 33).

13°. Lorsque plusieurs sels se trouvent en solution dans le même liquide, il paraîtrait que, sans être susceptibles de se mélanger ni d'agir chimiquement l'un sur l'autre, ils peuvent s'in-

---

suivans, j'ai pris tout exprès les deux extrêmes pour mieux faire ressortir la différence des effets; mais il peut exister entre ces extrêmes beaucoup d'intermédiaires qui donnent lieu à des résultats qui participent à-la-fois des trois que j'ai cités principalement.

fluencer mutuellement sous le rapport de leur cristallisation; de sorte que tel ou tel sel, en cristallisant dans une solution qui en renferme en même temps un autre, peut affecter des formes particulières qu'il ne prend pas dans des circonstances différentes. C'est ainsi, par exemple, que la soude muriatée prend la forme cubo-octaèdre lorsqu'elle cristallise au milieu d'une solution de borax, ou mieux d'acide borique (§ 37).

14°. Les formes qu'un même sel est susceptible d'affecter varient suivant la nature du liquide dont elles se précipitent; c'est ainsi que l'alun prend la forme cubo-octaèdre en cristallisant dans l'acide nitrique, et la forme cubo-icosaèdre en cristallisant dans l'acide muriatique (§ 38).

15°. Toutes les fois que plusieurs sels peuvent se mélanger chimiquement, c'est-à-dire se réunir sans être en combinaison définie, il en résulte toujours, pour les sels dont le système de cristallisation domine, des formes particulières qui diffèrent de celles qu'il affecte lorsqu'il est pur, qui diffèrent entre elles suivant la nature du corps mélangé, et qui sont constamment les mêmes avec le même mélange, tant que d'autres causes n'y joignent pas leur action modifiante. C'est ce que j'ai prouvé par les expériences sur le sulfate de fer, le sulfate de cuivre, etc. (§ 40 à 59.)

16°. Les différens sels présentent en général des formes différentes dans le même système de cristallisation, suivant que la solution dont ils se précipitent renferme plus ou moins d'acide. Ainsi, un sel déterminé, qui, par une cause

quelconque, est susceptible d'affecter une forme particulière, peut être ramené à une forme plus ou moins différente, tantôt plus simple, tantôt plus composée, par l'addition de quelques gouttes de son acide à la solution, ou par la soustraction d'une partie de cet acide. C'est ainsi que le sulfate de fer, le sulfate de cuivre, l'alun, etc., m'ont présenté des variations de formes plus ou moins remarquables (§ 61 à 67).

17°. Les sels doubles présentent aussi des résultats différens de cristallisation, suivant que l'un ou l'autre des sels composans se trouve en plus ou moins grande quantité dans la solution. C'est ainsi que le sulfate double de potasse et de magnésie prend la forme d'un prisme oblique rhomboïdal lorsque le sulfate de magnésie domine, et des formes plus ou moins compliquées dans d'autres proportions relatives des sels composans (§ 68 à 71).

18°. L'action chimique qui, en soustrayant ou ajoutant une portion d'acide, tend à déterminer une forme particulière, produit des effets particuliers, suivant son énergie, et donne souvent lieu à-la-fois à plusieurs variations cristallines. C'est ainsi que l'action d'un carbonate insoluble sur l'alun détermine dans la même solution des cristaux octaèdres, des cristaux cubo-octaèdres, des cristaux cubiques, et une matière cristallisable qui renferme encore moins d'acide que les précédentes; l'action du sous-borate de soude, celle de l'acide muriatique, produisent encore des effets analogues (§ 38, 66, et 67, 6).

19°. Lorsque les cristaux simples, de formes

différentes, d'un même sel, sont redissous ensemble dans le même liquide, il peut arriver deux cas : si la cristallisation se fait lentement, les cristaux de forme différente se déposent l'un après l'autre séparément; mais si la cristallisation se fait rapidement, il se forme un seul composé mixte, qui donne lieu à des cristaux qui participent à-la-fois de l'une et de l'autre forme simple. C'est ainsi que des cristaux octaèdres d'alun et des cristaux cubiques peuvent se réunir et donner des cristaux cubo-octaèdres (§ 72, 73).

20°. Les cristaux d'une forme complexe peuvent quelquefois être décomposés en plusieurs formes par diverses solutions et diverses cristallisations lentes successives; c'est ainsi que des cristaux d'alun cubo-octaèdres ont été décomposés en cristaux cubiques et en cristaux octaèdres; c'est ainsi que de l'alun cubo-octo-dodécaèdre a fourni séparément des octaèdres, des cubes et des cubo-dodécaèdres (§ 72 et 74).

21°. Enfin des cristaux d'une certaine forme étant placés dans une solution de la même substance qui donne naturellement une forme différente, s'accroissent par suraddition, suivant cette nouvelle forme; on peut les faire croître de nouveau, suivant la première, en les plongeant dans la solution qui les avait fait naître, ou les modifier autrement, en les plaçant dans une solution qui produise une autre forme. C'est ce qui résulte des expériences de Leblanc, et que j'ai vérifié dans diverses occasions (§ 76).

Application aux substances minérales.

§ 88. Le but direct de toutes les expériences que j'ai successivement entreprises étant de par-

venir à expliquer les variations de formes cristallines que présente chaque substance minérale, il me reste, après avoir résumé les différens résultats auxquels je suis arrivé, à discuter leur application aux minéraux, d'après les indications fournies par la nature.

Je suis bien loin de prétendre que la nature, pour faire varier la cristallisation des corps qui se forment dans son sein, soit uniquement restreinte à des causes modifiantes analogues à celles que l'expérience m'a fait reconnaître; mais en comparant les faits naturels avec ceux que j'ai observés dans le cours de mon travail, il me semble trouver assez d'analogie pour pouvoir conclure, avec quelques probabilités, que les causes que j'ai assignées sont au moins au nombre de celles qui provoquent les diverses variations cristallines qui se présentent à nous.

§ 89. En effet, si je recherche d'abord l'action des mélanges mécaniques sur la cristallisation des substances minérales, je trouve, dans le peu de cas que je puis examiner, qu'elle produit des effets absolument semblables à ceux que j'ai obtenus sur les sels; c'est-à-dire qu'elle empêche la formation des facettes additionnelles.

L'axinite est la substance qui présente cet effet de la manière la plus évidente. On sait que le même échantillon porte quelquefois sur un côté des cristaux mélangés de chlorite et en parallélipipèdes obliques parfaitement complets, tandis que sur l'autre côté il présente des cristaux mécaniquement purs, qui portent des facettes additionnelles plus ou moins nombreuses.

La chaux carbonatée quarzifère de Fontaine-

bleau n'a jamais été trouvée que sous la forme de rhomboèdres, parfaitement simples dans toutes leurs parties. Le quarz hématoïde, qui résulte d'un mélange d'oxide de fer, ne présente jamais les facettes additionnelles qui modifient quelquefois les cristaux de quarz pur, et très-rarement les irrégularités très-fréquentes dans ces derniers.

§ 90. On peut aussi observer sur les cristaux naturels qui se sont formés au milieu d'une pâte de matière étrangère, des caractères accidentels analogues à ceux que j'ai fait remarquer dans mes cristaux artificiels. Si la pâte est grossière, formée de particules incohérentes, les cristaux sont formés de lames concentriques disjointes, et leurs faces sont creusées en trémies plus ou moins profondes: tels sont, par exemple, les cristaux de quarz, qu'on trouve près de Chamouni, dans un amas de matières terreuses incohérentes.

Si la pâte est formée de particules très-fines, les cristaux qui se forment au milieu d'elles sont parfaitement nets dans toutes leurs parties, et complétement isolés : tels sont les cristaux de boracite, de fer carbonaté, etc., qu'on rencontre au milieu des gypses.

§ 91. L'action modifiante, déterminée par les différens corps qui peuvent être dissous dans le même liquide, me paraît devoir être très-fréquente dans la nature, puisqu'en général les substances minérales ont rarement cristallisé seules. Nous acquérons, en quelque sorte, la preuve de l'influence de cette cause, par les observations rapportées au commencement de ce mémoire, qui nous ont fait reconnaître qu'en

général la même substance présente des formes différentes dans des associations différentes. En effet, nous avons remarqué que les arragonites qu'on trouve dans les masses argileuses, mélangées de chaux sulfatée, diffèrent, par leur cristallisation, de celles qu'on rencontre au milieu des minerais de fer, de même que celles-ci diffèrent de celles que l'on trouve dans les produits volcaniques (§ 6).

Mais sans revenir ici sur les différens exemples que j'ai cités dans les préliminaires, et sans exposer tous ceux qu'on pourrait y joindre, je rapporterai ce que j'ai observé moi-même à Traverselle (Piémont), dans le courant d'août 1817. J'y ai rencontré le fer oxidulé dans trois roches différentes, très-rapprochées les unes des autres; savoir : dans des serpentines, dans des roches pyroxeniques et dans des stéatites jaunes. Or, dans les premières, cette substance était en octaèdres complets; dans les secondes, en octaèdres passant au cube par le remplacement des angles solides; et dans les stéatites jaunes, où elle était accompagnée en outre de calcaire, je n'ai trouvé que le dodécaèdre rhomboïdal. Il me paraît impossible de ne pas regarder au moins comme probable que ces différences tiennent à l'action des substances au milieu desquelles les cristaux se sont formés.

§ 92. L'action des mélanges chimiques paraîtrait aussi produire sur les substances minérales des effets analogues à ceux qu'elle provoque dans les sels artificiels; car la chaux carbonatée, mélangée de fer et de magnésie, cristallise toujours en rhomboèdres primitifs à faces très-contournées et groupées irrégu-

lièrement. La chaux carbonatée, mélangée en proportions variables de carbonate de magnésie, affecte ordinairement le rhomboèdre primitif : c'est sous cette forme qu'on la trouve empâtée dans toutes les roches talqueuses des Alpes (1).

Il est difficile, dans l'état actuel de la science, de pouvoir reconnaître les effets que les mélanges chimiques ont pu avoir sur la cristallisation des substances minérales. La difficulté tient à trois causes principales : l'une est que pour les recherches d'analyse on a toujours pris, avec raison, les parties les plus pures de la substance, et que dans les résultats on a été conduit souvent à faire abstraction des matières étrangères ; l'autre est, qu'à l'exception des substances acidifères et de quelques métaux, nous ne connaissons nullement la composition définie des diverses espèces minérales, et que dès-lors il est impossible de déterminer quelles sont les matières mélangées ; une troi-

(1) Peut-être voudra-t-on élever ici une objection d'après les différences d'angle que M. Wollaston a trouvées, avec son goniomètre à réflexion, entre la chaux carbonatée pure et la chaux carbonatée magnésifère. On sait que l'une lui a donné 105^{d},5 et l'autre 106^{d},15′, et que d'après cela il a jugé qu'on devait distinguer deux espèces particulières. Mais sans entrer dans aucune discussion à l'égard de ces deux espèces, je ferai remarquer que, dans tout état de cause, ma proposition n'en existera pas moins ; car, d'après les diverses analyses, la quantité de carbonate de magnésie varie considérablement : de sorte qu'en admettant l'espèce *carbonate double de chaux et de magnésie*, il faudra admettre aussi un mélange chimique, tantôt de carbonate de magnésie, tantôt de carbonate de chaux. Or, dans le cas où le carbonate de chaux domine, les cristaux se présentent sous la forme de rhomboèdre primitif ; c'est ce qui a lieu dans les roches talqueuses des Alpes.

sième cause enfin, est que les chimistes, dans leurs analyses, n'ont presque jamais désigné rigoureusement les variétés de cristallisation du minéral qui en a été l'objet. Cependant si on considère que les analyses diverses d'une même substance présentent souvent des résultats très-différens, et que dans la nature les espèces minérales cristallisent rarement seules, on sera porté à concevoir qu'une espèce déterminée peut souvent se trouver mélangée chimiquement de telle autre : or, d'après mes expériences sur les sels, il est probable que ces substances étrangères exercent une action modifiante sur la cristallisation de celle dont la forme domine.

§ 93. Quant aux modifications occasionnées par les variations dans les proportions relatives des corps susceptibles de combinaison que renferme une solution, il faut nécessairement recourir à des expériences particulières pour reconnaître si elles ont lieu dans la nature. J'ai fait quelques expériences sur des cristaux divers de carbonate de chaux, d'ailleurs parfaitement purs, et j'ai cru trouver quelques petites différences dans le volume de gaz acide carbonique, retiré d'un même poids de carbonate; mais comme ce sont des opérations extrêmement délicates, qui paraissent d'ailleurs contradictoires avec beaucoup d'expériences analytiques, je n'en tirerai aucune conclusion positive.

Je ferai cependant remarquer que dans les diverses analyses d'une même substance acidifère, faites ou répétées par les chimistes les plus habiles, et où par conséquent on ne saurait soupçonner d'erreurs, il existe souvent des pe-

tites différences de proportions entre les quantités relatives d'acide et de base. On trouve d'ailleurs dans la statique chimique un grand nombre d'exemples qui prouvent que ces petites variations pourraient exister dans les substances naturelles. Or, comme d'après quelques-unes de mes expériences ces variations de composition, quoique dans des limites assez restreintes, donnent encore des formes cristallines particulières, on pourrait soupçonner que les analyses dont je viens de parler ont été faites sur des cristaux différens de la même substance.

D'un autre côté, en partant des observations de Leblanc, qui constatent qu'un cristal octaèdre d'alun, placé dans une solution d'alun cubique, subit une suraddition de matière cristalline qui le fait passer au cube (§ 76), je serais porté à concevoir que les suradditions que nous observons dans les cristaux naturels (§ 6) tiennent aussi à ce que le cristal, d'abord d'une certaine forme, s'est trouvé entouré après coup d'une solution capable, par une cause quelconque, de produire des cristaux différens; mais parmi ces causes, on doit, ce me semble, compter celle qui provient des variations entre les proportions relatives d'acide et de base que renferme la solution, d'autant mieux que la matière additive, lorsqu'elle n'est pas mélangée de matières étrangères qui la colorent, présente souvent une opacité ou une translucidité laiteuse qui rappelle celle que présente ordinairement l'alun cubique.

Enfin les échantillons qui présentent des cristaux différens de la même substance, dont les positions relatives annoncent des époques diffé-

rentes de formation (§ 6), me paraissent fournir encore un argument en faveur des variations occasionnées par les différences de proportion de principes susceptibles de combinaison que renferme une solution; car ces dépôts successifs de cristaux de diverses formes présentent une analogie frappante avec les dépôts successifs d'octaèdres, de cubo-octaèdres, de cube, de cubo-dodécaèdre, que j'ai obtenus d'une même solution d'alun, où les élémens de cette substance, par suite de diverses circonstances déterminées, étaient en proportions très-illimitées (§ 38, 66, 67, 72, 73, 74). Je soupçonnerais donc par analogie que la solution d'où ces cristaux naturels se sont successivement précipités ne renfermait pas des proportions définies des élémens de la substance à laquelle ils se rapportent, et que par suite d'une cristallisation lente, qui paraît être le cas ordinaire de la nature, les élémens se sont partagés en diverses réunions particulières qui ont donné lieu aux diverses variétés cristallines qu'on observe sur l'échantillon.

§ 94. On sent bien que ce ne sont là en général que des présomptions qui auraient besoin d'être vérifiées par des observations ultérieures sur la nature, et par des expériences précises d'analyse; mais d'après l'ensemble des analogies que je viens de citer, ces présomptions me paraissent avoir un certain degré de probabilité; et comme dans une matière aussi délicate il est à croire que nous ne pourrons jamais obtenir que des probabilités plus ou moins grandes, il m'a semblé que ces applications de mes résultats pouvaient déjà présenter quelque intérêt; et c'est

te qui m'a enhardi à les soumettre à l'Académie.

§ 95. On voit d'après tout ce qui précède combien il serait utile de diriger les observations sous le point de vue de vérifier plus particulièrement les causes modifiantes que je viens d'annoncer, et de déterminer en général quelles sont les circonstances précises (soit de mélanges mécaniques ou chimiques, soit de l'influence de différens corps présens dans la solution, soit des proportions des principes composans ou de toute autre cause), qui provoquent dans tel ou tel minéral telle ou telle variété cristalline. C'est un nouveau champ d'observations à-la-fois minéralogiques et chimiques, qui peut conduire à un grand nombre de conséquences très-importantes, lorsque l'on aura acquis des données assez certaines.

En effet, d'une part, la connaissance des causes qui déterminent les modifications cristallines de telle ou telle espèce minérale peut devenir très-importante pour la géologie, puisqu'alors l'examen des cristaux pourrait nous apprendre quelle était la nature du liquide qui remplissait tel ou tel filon, qui couvrait telle ou telle contrée, et quelles sont les circonstances de ce genre qui se sont succédé dans les diverses localités.

D'un autre côté, la cristallographie, qui déjà fournit un caractère certain pour la distinction des espèces minérales, pourra peut-être acquérir un jour un plus haut degré d'importance, et nous conduire à fixer au moins dans quelques cas, par la seule détermination des formes cristallines, quelles sont les proportions relatives des principes constituans d'un corps, quelle

est la nature des substances qui s'y trouvent chimiquement mélangées, et quelles sont les circonstances qui ont accompagné sa formation. C'est ce qu'on peut déjà faire par rapport aux différens sels de mes expériences. J'ai eu moi-même l'occasion de faire une application de ce genre à des sels qu'on fabrique en Angleterre, et que par curiosité on fait cristalliser sur des morceaux de roches. L'inspection seule des formes cristallines que présentaient plusieurs de ces sels m'a mis à même de prononcer qu'ils renfermaient tel ou tel mélange, ou qu'ils avaient cristallisé dans telle ou telle circonstance. L'analyse et des renseignemens subséquens ont pleinement confirmé ma conjecture.

Mais pour parvenir à vérifier si la nature admet réellement les quatre genres de causes modifiantes que j'ai observées, pour déterminer tous les autres moyens qu'elle peut avoir à sa disposition, et reconnaître l'influence de chaque espèce de cause particulière sur la cristallisation de chaque substance minérale, il faut que la minéralogie et la chimie marchent constamment ensemble pour s'éclairer, se guider et se redresser mutuellement dans la route difficile de cette nouvelle branche d'observations.

SUR LES ESSAIS QUI ONT ÉTÉ FAITS DANS LA FONDERIE DE LAITON DE JEMMAPE, AVEC LA BLENDE DE PONTPÉAN,

Extrait d'un rapport adressé, le 22 décembre 1817, à M. BECQUEY, conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines;

PAR M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

ON divisera ce mémoire en trois chapitres: dans le premier on décrira succinctement le procédé qu'on suit habituellement à Jemmape pour fabriquer le laiton; dans le second on fera connaître avec détails les expériences qui ont été entreprises, tant pour perfectionner ce procédé que pour chercher à remplacer la calamine par la blende; dans le troisième enfin on comparera entre eux le procédé actuel et les divers procédés auxquels auront conduit les expériences, et on tirera de cette comparaison quelques conséquences importantes pour l'industrie française.

CHAPITRE Ier.

Description succincte du procédé actuel (1).

Les fours ont à Jemmape, comme dans la plupart des usines à laiton, la forme d'un dôme ou d'un four de boulanger, surhaussé et ouvert Fours.

(1) Nous renvoyons pour les détails aux ouvrages cités *Annales des Mines*, tome III, page 65.

à la partie supérieure (1); leur hauteur égale leur diamètre, et a environ 15 décimètres. Le sol est fermé par une plaque de fonte percée de onze trous, et recouverte d'une couche d'argile réfractaire et fortement tassée, épaisse de quelques centimètres. A chaque trou on adapte une buse en fonte de 6 à 7 centimètres de diamètre, qui saille à peine au-dessus du sol; c'est par ces buses que l'air nécessaire à la combustion s'introduit dans le fourneau, et que les *escarbilles* tombent dans le cendrier qui se trouve sous la plaque de fonte. L'ouverture ménagée à la porte supérieure est circulaire, et a 3 à 4 décimètres de diamètre; elle est garnie d'une couronne en fonte. On la ferme à volonté, au moyen d'un plateau en terre cuite, épais de 2 à 3 centimètres; c'est par cette ouverture qu'on introduit les pots dans les fours, qu'on les en retire, etc.

Plusieurs fours sont accolés, et ordinairement disposés sur une seule ligne, sous une même hotte de cheminée.

Pots. Chaque four renferme huit pots, dont la capacité est telle qu'ils peuvent contenir ensemble la quantité de matière nécessaire pour produire 50 à 60 kilogrammes de laiton. Rien de plus essentiel dans une fabrique de laiton, que d'avoir de bons pots. A Jemmape on en fait d'excellens avec l'argile d'Autragnes, et mieux encore avec celle d'Andennes, à laquelle on mêle des *cailloux de verrerie* et des débris de vieux pots très-grossièrement pilés. Ces pots durent quelquefois jusqu'à six semaines; terme moyen, ils servent

(1) Voyez la planche II et l'explication page 375.

pendant quinze jours. Leur prix est d'environ 1 franc la pièce.

Lorsque le laiton est formé et bien fondu, on le coule, soit en planches, soit en bandes de différentes grandeurs, entre deux plaques de granite mobiles l'une sur l'autre. Pour sept fours, on a ordinairement trois jeux de pierres. Pierres à couler.

Les matières que l'on emploie pour la fabrication du laiton, sont : 1°. la *calamine* ; 2°. le *kiess*, ou *cadmie* des hauts fourneaux ; 3°. le *cuivre rosette* ; 4°. la *mitraille* rouge et jaune, ou débris d'ustensiles de toute sorte en cuivre rouge et en cuivre jaune ; 5°. le *zinc métallique* ; 6°. le charbon de bois ; 7°. la houille. Matières premières.

On tire la calamine des mines de la Vieille-Montagne auprès de Liége ; on l'achète toute grillée ; elle vaut sur place 10 fr. le quintal métrique. Pour l'employer, il faut qu'elle soit réduite en poussière très-fine. On l'amène à cet état, en l'écrasant sous deux grandes meules dans un moulin semblable aux moulins à huile, et en la blutant ensuite. Les frais qu'occasionne cette préparation s'élèvent environ à 1 franc par quintal métrique. Calamine.

On recueille le kiess dans presque tous les hauts fourneaux d'entre Sambre et Meuse (1) ; c'est une matière analogue à la calamine grillée, mais beaucoup plus riche : elle renferme un peu de plomb, et elle est à cause de cela très-propre à améliorer la qualité du laiton. La plupart des fabricans savent maintenant apprécier ses propriétés, et cherchent à s'en procurer le plus Kiess, ou cadmie.

---

(1) Voyez *Journal des Mines*, tome XXIX, page 35 à 50, et page 97.

peuvent; mais dans aucune usine on n'en emploie autant qu'à Jemmape, où elle entre pour un tiers au moins dans le mélange.

On prépare le kiess comme la calamine; c'est-à-dire qu'on le blute après l'avoir passé sous les meules.

Cuivre rosette. M. Boucher se sert presque exclusivement de cuivre rosette de Drontheim (Norwége); c'est, dit-on, un des meilleurs qu'on puisse employer pour fabriquer le laiton. Il contient un peu de plomb; son prix est d'environ 280 francs le quintal métrique.

Mitrailles. La mitraille rouge peut remplacer le cuivre rosette. On a reconnu qu'elle avait la propriété de rendre le laiton sec.

La mitraille jaune est du vieux laiton souillé par du plomb, de l'étain, de l'argent, du fer, etc.; elle a aussi la propriété de *faire sec*. Elle est fort recherchée par les fabricans de laiton : aussi son prix, relativement à celui du cuivre rosette et du laiton neuf, est-il assez élevé; on la vend 240 francs le quintal métrique. Les fabricans éclairés reconnaîtront aisément que dans l'état des choses, il est de leur intérêt de cesser d'en faire usage. Il leur sera facile néanmoins d'obtenir du laiton de très-bonne qualité, et aussi sec qu'ils le désireront, ainsi qu'on le verra plus bas.

Zinc. Comme à l'aide de la calamine on ne peut pas introduire dans le laiton plus de 26 à 28 centièmes de zinc, pour le charger davantage, on est obligé d'employer une certaine quantité de zinc métallique, qu'on plonge dans la matière fondue quelques instans avant de la couler. On

tire le zinc métallique de Liége, où il se vend 72 à 75 francs le quintal métrique (1).

Charbon de bois.

Pour opérer la réduction de la calamine, on la mêle avec du charbon de bois; on broye celui-ci sous les meules, mais on ne le tamise pas; on le paye 8 francs le quintal métrique.

Houille.

On ne brûle dans les fours que de la houille; l'usine étant environnée de grandes mines d'où l'on extrait ce combustible, on peut choisir la qualité qui convient le mieux, et se la procurer à assez bon compte. Pour le travail du laiton, il faut de la houille collante et forte. Il est nécessaire aussi d'en employer une certaine quantité en gros morceaux; cependant comme celle-ci est plus chère que la houille menue, on en consomme le moins qu'on peut, et on la remplace, en partie, par des mottes, dites *bouniers*, faites avec la poussière pétrie avec de l'eau, dans laquelle on délaye un peu d'argile. La houille, telle qu'elle sort des fosses, mélangée de grosse et de menue, revient sur l'établissement à 2 fr. l'hectolitre enfaîté, pesant environ un quintal métrique.

Travail.

On est dans l'usage de faire deux opérations pour préparer le laiton : dans la première, on obtient un alliage qui ne renferme que 0,20 de zinc, et qu'on nomme *arcot;* dans la seconde, on combine à l'*arcot* une nouvelle proportion de zinc pour le transformer en laiton. Les manipulations qu'exige chacune de ces opérations sont absolument les mêmes, et l'on fait à volonté dans les mêmes fours soit de l'arcot, soit du laiton.

(1) En France, le zinc, qu'on tire des états du roi de Prusse, vaut actuellement tout au plus 60 francs le quintal métrique.

Le four étant garni de pots vides et chauffés au rouge, un ouvrier sort un de ces pots et un autre ouvrier le remplit jusqu'au bord d'un mélange préparé d'avance de calamine et de charbon; puis il enfonce à coups de marteau des morceaux de rosette ou d'arcot dans cette matière, et il les recouvre de quelques poignées du mélange calaminaire. Le premier ouvrier remet le pot dans le four, et en sort un autre que l'on charge de la même manière, et ainsi successivement jusqu'à ce qu'ils soient tous pleins. La quantité de matières que les huit pots renferment se nomme une *presse;* on désigne aussi par ce mot l'opération même d'une fonte.

Quand les pots sont chargés, on jette à la main dans le four des morceaux de houille, de telle manière que les buses en soient entourées et recouvertes sans être encombrées; ensuite on y verse un demi-hectolitre de houille menue, et enfin on y introduit trois ou quatre *bouniers*, qu'on place chacun en travers de deux pots voisins l'un de l'autre. On ferme le four avec son couvercle, en ne laissant qu'une ouverture étroite, et on ménage la chaleur pendant six à sept heures. Au bout de ce temps, les pots et les matières qu'ils contiennent sont d'un rouge blanc : alors on ranime le feu, en chargeant le four d'un demi-hectolitre de houille, et on chauffe fortement pendant quelques instans. Bientôt la fumée du zinc paraît, ce qui est un indice que la réduction et la fusion commencent; on ralentit alors un peu le feu, afin que le cuivre ne fonde pas trop rapidement, et que traversant goutte à goutte le pot dans toute sa hauteur, il se trouve le plus long-temps pos-

sible exposé à l'action du zinc fondu ou en vapeur. Au bout de dix heures environ l'opération est terminée. Un ouvrier sort du four le plus grand des pots qui s'y trouvent, et il le place sur le bord d'une fosse destinée à recevoir toutes les matières qui recouvrent l'alliage métallique (on nomme cette fosse le *mundoll*). On sort un second pot, on en enlève toutes les *escarbilles*, on verse tout ce qu'il contient dans le grand pot, et ainsi successivement pour tous les pots. Cela étant fait, un des maîtres fondeurs prend le *tilloul*, espèce de cuiller en fer fixée à un long manche en bois, et avec cet instrument il découvre le métal, il gratte l'intérieur du pot pour détacher tout ce qui peut y adhérer, et il enlève l'*écume* solide qui se forme à la surface du bain : celui-ci étant bien net, on le coule. On coule l'arcot soit entre les pierres, soit dans une fosse destinée à cet usage. Quant au laiton, on le coule toujours entre les pierres, soit en planches, soit en bandes ; on enlève les bavures des pièces, on les ébarbe, et on les porte aux cisailles pour en séparer les portions qui ont quelques défauts, et pour les diviser en morceaux de dimensions convenables.

Une *fonte* ou *presse* dure douze heures. Ce travail n'étant interrompu que dans la journée du dimanche et aux époques de grande fête, on fait dans chaque four treize presses par semaine et cinquante-six presses par mois.

Une presse d'arcot se compose de 30 kilogr. de rosette de Drontheim, quelquefois mélangée de mitraille rouge; 30 kilogr. de calamine (mélangée de 20 de calamine de la Vieille-Montagne et de 10 de kiess), et de 16 kilogr. de charbon de bois pulvérisé : on obtient, terme moyen, 37 kil. Arcot.

d'arcot en morceaux, et un demi-kilogr. de grenailles qu'on retire des cendres et braises par le lavage; total, 37 kilogr. ½: d'où il suit que cet alliage est composé de 0,80 de cuivre et 0,20 de zinc, avec un peu de plomb et d'étain, et que la calamine produit dans l'opération environ le quart de son poids de zinc.

Laiton. On emploie deux compositions différentes pour faire le laiton; l'une, lorsqu'on veut que cet alliage soit *sec*, propre à être tourné, et ayant la propriété de se laisser fendre, scier et perforer sans se déchirer : on le coule alors en grandes planches dites *plates*, ou en longues bandes épaisses de 7 lignes dites *bandes à fil;* l'autre, lorsqu'on destine le laiton à faire du fil très-fin et des épingles; il doit être alors très-ductile et très-tenace, mais en même temps il est ce qu'on appelle *gras*, c'est-à-dire qu'il se déchire et empâte l'outil lorsqu'on veut le couper. On le coule en larges bandes, dites *planches ordinaires* ou *bandes à épingles*.

Il entre dans une presse de *platte* ou bande à fil :

12 kil. de cuivre jaune;
9 — de mitrailles jaunes;
20,5— d'arcot;
30 — du mélange de calamine,
et 16 — du charbon de bois.

De plus, lorsque la matière est bien fondue et réunie dans un seul pot, on y ajoute 3 kilogr. de zinc métallique en morceaux. Le laiton qu'on obtient pèse, en y comprenant le produit des lavages, 51k.,37, terme moyen. Cet alliage contient à-peu-près 0,654 de cuivre et 0,346 de zinc, plomb et étain, et la calamine rend autant de métal que dans la préparation de l'arcot.

n met dans une presse de bandes à épingles :

1 kil. de cuivre rosette ;
— de mitrailles jaunes ;
d'arcot ;
mélange calaminaire ;
harbon ;

de plus o. bain métallique :

4 kil. morceaux.

O luit est aussi de 51,37 ;
res et grenailles sont re-
dues dans les presses de plattes, on n'a pas
moyens de savoir quelle est celle des deux
positions qui donne le plus grand produit.
orsqu'on écume l'arcot ou le laiton, on en
re des clous, des fragmens de fil de fer, etc.,
i proviennent des mitrailles : dans le résidu
les lavages on trouve quantité de petits grains métalliques ferrugineux qui se laissent enlever par le barreau aimanté, et qui doivent indubitablement leur origine à l'oxide de fer que renferment la calamine et le kiess. Ces faits prouvent que le fer ne se combine point avec le laiton, et en effet on n'en découvre aucune trace dans celui-ci par l'analyse. Cependant il paraît que lorsque le fer est fort divisé, qu'on ne laisse pas le bain assez long-temps en repos, et qu'on ne l'écume pas avec soin, le laiton peut retenir un peu de fer à l'état de simple mélange, et que cela nuit beaucoup à sa qualité ; aussi les mécaniciens se plaignent-ils d'y rencontrer quelquefois des nœuds très-durs qui gâtent leurs outils, etc.

Il est facile de conclure de ce qui précède, Consommations.

que pour obtenir 100 kilogrammes de laiton on consomme :

37 kil. de cuivre rouge;
13,7— de mitrailles jaunes;
91 — de calamine et kiess,
7 — de zinc métallique;
50 — de charbon de bois,
et 130 — de houille.

Il faut déduire de la consommation de la houille un hectolitre et demi d'escarbilles, qui pèsent environ 60 kilogr.; d'où il suit qu'on brûle 330 parties de combustible, tant houille que charbon de bois, pour fabriquer 100 parties de laiton; ce qui est fort considérable.

Pour avoir tous les élémens de la dépense, il faudrait tenir compte d'une journée et demie de fondeur, des frais de lavage, de l'entretien des outils, etc.

Lavages. La fabrication du laiton ne produit aucune scorie; mais le métal en fusion est recouvert par un sable composé de toutes les matières étrangères à l'oxide de zinc que renferment la calamine et le kiess, matières qui ne sont pas fusibles à la chaleur du blanc naissant, qui est la température des fours à laiton, des débris de houille carbonisée, qu'on nomme *escarbilles*, d'un reste de charbon de bois, etc. On lave toutes ces matières, par un procédé fort simple, pour en extraire les grenailles métalliques qu'elles renferment. On commence par les agiter dans un tonneau avec de l'eau; les substances pierreuses et métalliques se précipitent promptement; en versant le liquide avec précaution, il entraîne toutes les matières charbonneuses,

On passe le sable, qui a subi cette opération, à travers un crible métallique dans une cuve pleine d'eau; il reste sur le tamis des morceaux de pierres et des grosses grenailles de laiton; on sépare celles-ci en les triant à la main; ensuite on lave le sable même par le procédé dit *lavage à la cuve*. Voici, en peu de mots, en quoi consiste ce lavage : on a un tamis circulaire auquel sont adaptées deux anses et à treillis métalliques; on place des lits de grosses grenailles sur ce treillis, puis par-dessus une couche de sable; l'ouvrier, tenant le tamis par les deux anses, le plonge horizontalement dans l'eau et le secoue doucement; il le retire en le tenant toujours horizontalement, et il enlève, avec un disque de fer, la couche supérieure de sable qui ne contient plus du tout de particules métalliques; il met un lit de nouveau sable, il lave, et cela successivement jusqu'à ce que le tamis soit assez chargé : alors il achève de perfectionner sa lavée, en plongeant à diverses reprises le tamis dans l'eau et en enlevant les parties terreuses qui viennent à la surface.

On trouve souvent parmi les grenailles de laiton des clous et des morceaux de fil de fer; elles sont mélangées aussi d'une grande quantité de grains ferreux, dont on a déjà fait mention. Elles éprouvent un grand déchet à la fonte; une presse produit $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de kilogr. de grenailles. Les sables de rebut renferment une proportion considérable d'oxide de zinc silicifère, qui est inéductable à la température de la fusion du cuivre. On verra dans un article qui sera consacré à rendre compte de l'analyse de tous les produits de la fabrique de Jemmape, et qu'on

insérera dans la prochaine livraison, quelle est la composition de ces sables, etc.

CHAPITRE II.

Essais.

On a commencé par essayer séparément la calamine de Limbourg et le kiess pour connaître la richesse de ces deux substances, et pouvoir les comparer à la blende de Pontpéan.

Arcot avec la calamine seule.

1°. On a fait une presse d'arcot avec :

30 kil. de cuivre rosette;
30 — de calamine de Limbourg,
et 16 — de charbon de bois.

On a obtenu tout au plus 36 kilogr. d'arcot, en y comprenant les grenailles provenant des lavages. Cet arcot devait contenir au plus 0,17 de zinc, et la calamine, au lieu de produire 0,25 comme le mélange ordinaire, n'a rendu que 0,20.

Arcot avec le kiess seul.

2°. On a fait une presse d'arcot avec :

30 kil. de cuivre rosette;
30 — de kiess,
et 16 — de charbon de bois.

On a eu 40 kilogr. d'arcot, sans y comprendre les lavages; au total 40,5 au moins. L'analyse apprend que le kiess contient 0,03 de plomb au moins; l'arcot devait donc être composé de :

Cuivre........	0,74
Zinc........	0,24
Plomb........	0,02

Platte faite avec le kiess seul.

3°. On a fait une platte avec :

20,5 kil. de cet arcot;
12 — de cuivre rosette;

9 kil. de mitrailles jaunes;
30 — de kiess;
16 — de charbon de bois,
et 3 — de zinc métallique.

La platte a pesé, en y comprenant les lavages, environ 54 kilogr.; elle devait être à-peu-près composée de :

Cuivre..............	0,600
Zinc................	0,375
Plomb..............	0,025

Dans l'une et l'autre opération, le kiess a dû produire 0,34 à 0,35 de zinc mêlé de plomb. C'est le plus riche minerai de zinc qu'on puisse employer, et il est particulièrement propre à la fabrication du laiton, à cause du plomb qu'il renferme.

On a fait ensuite deux expériences, qui ont eu pour objet, l'une de confirmer une observation déjà ancienne, mais à laquelle les manufacturiers ne paraissent pas avoir fait assez attention; l'autre de détruire un préjugé très-préjudiciable aux intérêts de M. Boucher.

Addition de plomb dans une platte.

4°. Toutes les matières qui renferment du plomb, telles que le kiess et les mitrailles jaunes, ont la propriété de rendre le laiton sec; le laiton de Stolberg, qui a cette qualité, contient près de 0,03 de plomb. Ignorant si le laiton de Jemmape en renfermait autant, on a jugé à propos d'en ajouter une certaine quantité dans une platte. Le produit d'une presse étant versé dans un pot, on y a donc mis $\frac{3}{4}$ de kilogr. de plomb en morceaux, c'est-à-dire environ 1 $\frac{1}{2}$ pour $\frac{0}{0}$. La combinaison s'est opérée sans aucune difficulté, et le laiton, d'une nuance plus blanche

que de coutume, a paru aussi plus roide et plus sec (1).

Laiton fait avec le cuivre et le zinc métallique directement.

5°. On prétendait à Jemmape que les pots ne seraient pas assez solides pour contenir le cuivre rouge en fusion; on disait que le cuivre et le zinc en se combinant feraient explosion; que presque tout le zinc se volatiliserait, et que d'ailleurs le laiton qu'on obtiendrait ne pourrait être que de très-mauvaise qualité. La fausseté de la plupart de ces assertions était assez évidente; mais j'ai pensé qu'il serait utile d'en convaincre les ouvriers et les employés par un essai fait sous leurs yeux, et M. Boucher y a consenti très-volontiers.

On a fait fondre 16 kilogr. de rosette en morceaux, avec la précaution de placer quelques charbons de moyenne grosseur au fond du pot, afin que le métal ne parvienne dans cette partie que goutte à goutte et dans l'état d'une parfaite fusion. Au bout de deux heures tout le cuivre était fondu, et le bain parfaitement liquide; alors on y a introduit, en deux ou trois portions, 8 kilogr. de zinc métallique en morceaux, qu'on avait fait chauffer d'avance presque jusqu'à ramollissement, et à l'aide d'un ringard on a enfoncé ces morceaux dans le bain, en les poussant à travers les charbons qui recouvraient celui-ci. On a remarqué que tant que le zinc se trouvait au milieu des charbons, il exhalait

(1) Lorsqu'on a fait cette expérience, on ignorait que la rosette de Brontheim contînt environ $\frac{1}{100}$ de plomb; c'est donc à tort qu'on supposait qu'il n'y avait point une proportion de ce métal assez forte dans le laiton de Jemmape. Aussi celui qui est résulté de l'expérience, s'est-il trouvé beaucoup trop aigre et difficile à travailler. Cela prouve, au moins, qu'il y a une certaine proportion de plomb qu'il ne faut pas dépasser.

une fumée blanche très-épaisse; mais qu'aussitôt qu'il touchait le cuivre en fusion, cette fumée cessait sans doute parce que la combinaison avait lieu instantanément. Une demi-heure au plus après avoir introduit le zinc, on a coulé le laiton, et on en a fait une bande qui a pesé 20k.,50; on a recueilli séparément les grenailles et l'écume, qui ont pesé 1k.,25 : total 23,75. Ainsi la perte n'a été que de 0,01 du poids du laiton, et 0,03 au plus du poids du zinc. L'opération a paru d'ailleurs très-facile à faire aux ouvriers, et ne leur a présenté aucuns des inconvéniens qu'ils redoutaient. Le laiton était d'un beau jaune, sans défauts, et d'apparence bien homogène. Il ne devait contenir que peu de plomb, et être composé à-peu-près de cuivre 0,68, zinc 0,32 (1).

Des expériences faites au laboratoire de l'école des mines, avant mon départ pour Jemmape, m'avaient appris que la blende de Pontpéan est composée de: Blende de Pontpéan.

Zinc métall..	0,704.	*ou à-peu-près*	Sulfure de zinc.	0,91.
Fer métall...	0,040.	— — —	Sulfure de fer..	0,09.
Soufre.....	0,356.	— — —	— — —	—

que le grillage de cette substance ne présentait aucune difficulté, qu'on pouvait l'opérer complétement, sans qu'il se formât une quantité notable de sulfate de zinc, à une chaleur modérée, et

(1) Ce laiton s'est trouvé très-mou; ce qui n'est pas étonnant, vu qu'il contenait très-peu de plomb, mais en même temps difficile à tirer à la filière. On s'est convaincu que ce défaut tenait à ce qu'il n'était pas parfaitement homogène; mais on a reconnu qu'il serait facile, par des manipulations convenables, et en y ajoutant du plomb, de l'obtenir de très-bonne qualité.

que par cette opération la blende perdait 0,18 de son poids et se transformait en une matière analogue à la calamine, d'un rouge de brique, et composée d'environ :

0,93 oxide de zinc.
et 0,07 oxide de fer.

Ces expériences m'avaient prouvé aussi que le sulfure de zinc ou le sulfure de fer mélangés, même en forte proportion, à la blende grillée, n'empêcheraient point la formation du laiton, et ne lui communiqueraient aucune mauvaise qualité (1). Ces faits, qui nous ont guidés dans

(1) Je ne rapporterai pas ici les essais qui ont eu pour objet la préparation du laiton avec la blende grillée ; ces essais avaient déjà été faits il y a long-temps au laboratoire de l'école des mines par M. Vauquelin, et répétés depuis, à diverses reprises, toujours avec succès ; mais je citerai les expériences suivantes :

1°. On a mis dans un creuset un mélange de 20 grammes de blende grillée, 10 gr. de blende crue et 10 gr. de poussière de charbon ; on a placé par-dessus 30 grammes de cuivre rouge en limailles, qu'on a recouverts d'un peu de charbon : le creuset a été chauffé graduellement pendant une heure, puis exposé pendant un quart d'heure au vent moyen du soufflet de la forge comme un essai de cuivre. On a eu un gros culot et quelques grenailles ; le tout pesant 34gr,10. Le laiton devait donc contenir environ 0,12 de zinc ; il présentait un très-beau grain dans sa cassure : mais la surface du culot avait un aspect grisâtre qu'on n'observe pas ordinairement. En dissolvant ce culot dans l'acide nitro-muriatique, et ajoutant à la liqueur du nitrate de baryte, on a trouvé qu'il devait contenir à-peu-près $\frac{1}{500}$ de soufre : nul doute que cette substance ne provînt de la pellicule grise, probablement composée de sulfure de fer, de cuivre et de zinc qui adhéraient au laiton. Les matières pulvérulentes, au milieu desquelles se trouvaient le culot et les grenailles, ayant été lavées pour en séparer le charbon, il est resté une substance qui s'est comportée chimiquement comme de la blende non altérée.

2°. On a traité, comme ci-dessus, un mélange de 15 gr.

les essais que nous avons dirigés, M. Boucher et moi, se sont trouvés pleinement confirmés par les résultats que nous avons obtenus.

M. Boucher avait fait transporter à Jemmape 450 kilogr. de blende de Pontpéan; on a tout employé.

Cette matière n'a pas exigé plus de temps pour sa préparation mécanique que le mélange ordinaire; en huit heures on a pu en moudre et en bluter 400 kilogr. Les ouvriers l'ont trouvée un peu plus dure que la calamine grillée, mais beaucoup moins tenace que le kiess. Monture.

6°. La blende étant pulvérisée, on a d'abord essayé de la griller sous des moufles en terre échauffées par la flamme qui sort des fours à Grillage.

---

de blende grillée, 5 gr. de pyrites pulvérisées et 7gr.5 de poussière de charbon, avec 10 gr. de cuivre rouge. Le culot et les grenailles réunis pesèrent 11gr.20; le laiton était très-beau. Le résidu lavé pesait 6gr.75 : on a trouvé, par l'analyse, qu'il contenait un peu de cuivre et 2gr.6 de zinc métallique. Il semble donc qu'une partie de soufre du sulfure de fer s'est combinée avec du zinc, mais la qualité du laiton n'a été aucunement altérée.

3°. On a traité, comme ci-dessus, 15 gr. de blende grillée, 4 gr. de sous-sulfure de fer artificiel pulvérisé et 7gr.5 de poussière de charbon, avec 10 gr. de cuivre rouge. L'alliage obtenu était très-beau, et pesait 12gr.30 : le résidu lavé était d'un brun foncé, et pesait 4gr.50 : il contenait un peu de cuivre et seulement 0gr.20 de zinc métallique. Le sous-sulfure de fer n'abandonnant point de soufre par la chaleur, il ne s'est point formé de sulfure de zinc comme dans l'expérience précédente.

4°. On a recherché le fer dans le laiton obtenu dans les divers essais, mais on n'en a pas trouvé un atome. L'oxide, qui est au *maximum* dans la blende grillée, est ramené en partie à l'état métallique, et en partie à l'état d'oxide au *minimum* par l'opération, et se présente sous la forme de scories noires magnétiques qui adhèrent au culot, mais qu'il est facile d'en détacher.

laiton; l'essai a réussi : on a reconnu que la chaleur était suffisante, et qu'il serait très-facile d'en tirer un parti avantageux en disposant les choses convenablement; mais comme on ne pouvait faire les constructions nécessaires, et que les moufles gênaient les fondeurs dans leur travail, on s'est déterminé à bâtir à la hâte un petit four à réverbère dans une pièce éloignée de la fonderie. Ce four a été fait en briques et sans aucune armure; il n'a exigé que trois journées d'ouvrier. On lui a donné 13 décimètres de longueur, 5 à 6 de largeur, et 2 à 3 de hauteur sous la voûte. On l'a chauffé avec de la houille.

En soixante-douze heures on a grillé 327 kil. de blende, qui se sont réduits à 270 kilogr.; on a consommé environ 400 kilogr. de houille; mais le service du fourneau ayant été fait pendant la nuit par des enfans, le combustible a été employé sans ménagement, et on a lieu de croire que la consommation aurait pu n'être que de moitié. On a opéré successivement sur des portions de 30 à 35 kilogr.; la matière ne s'agglutina pas, et resta tout-à-fait pulvérulente. Ce travail est très-facile, et consiste seulement à remuer très-souvent et à ramener de temps à autre la matière qui est au bas du fourneau, ras l'autel *et vice versâ*. Dès que la blende reçoit le contact de la chaleur, il s'en dégage une grande quantité de soufre qui s'enflamme (1);

(1) Les 0,35 de soufre que renferme la blende produisent 0,67 de gaz acide sulfureux, qui pourraient donner lieu à la formation de 0,83 d'acide sulfurique anhydre, ou à plus de 1,00 du même acide à 66°, et valant 40 à 50 fr. le quintal métrique. On conçoit qu'il serait possible d'obtenir ce résultat,

bientôt la flamme cesse, et l'on ne voit plus que de la fumée qui dimimne de plus en plus et disparaît totalement lorsque le grillage est achevé. Alors la matière est d'un beau rouge d'ocre. Les outils en fer dont on s'est servi pour cette opération n'ont pas été sensiblement altérés.

On a reconnu, par l'analyse chimique, que la blende grillée en grand contenait 0,07 d'oxide de fer, 0,88 à 089 d'oxide de zinc, et 0,04 à 0,05 d'un mélange de matières terreuses et de blende non grillée.

Avec la blende ainsi grillée on a fait de l'arcot et du laiton de plusieurs manières.

7°. On a commencé par préparer deux presses d'arcot de la manière accoutumée, en remplaçant la calamine par la blende, c'est-à-dire en employant pour chacune : Arco

30 kil. de cuivre rosette;
30 — de blende,
et 16 — de charbon.

Les deux presses ont produit $75^{k.}75$ d'arcot en morceaux, et 4 kilogr. au moins de grenailles qu'on a recueillies par le lavage, au total $79,^{k.}75$, ou $39,^{k.}80$ pour chaque presse.

8°. Comme on présumait que la quantité de blende employée était plus que suffisante pour saturer les 30 kilogr. de rosette, on a essayé de faire deux presses avec :

30 kil. de cuivre rosette;
25 — de blende,
et 16 — de charbon.

---

puisque l'on sait comment on peut transformer l'acide sulfureux en acide sulfurique ; mais l'exécution en grand présente quelques difficultés; ces difficultés ne sont pourtant pas insurmontables, et il faut espérer que l'industrie de nos fabricans saura les vaincre.

Les deux presses ont produit 76,50 d'arcot en morceaux et 4 kilogr. de grenailles, total 80,50, et pour chaque presse 40k.25; ainsi l'arcot fait avec la blende renferme environ 0,25 de zinc, et la blende produit dans l'opération jusqu'à 0,40 de métal. Elle est à-peu-près aussi riche que le kiess, et elle est plus riche que la calamine de la Vieille-Montagne et que le mélange ordinaire, savoir; pour la calamine, dans la proportion de 10 à 6, et pour le mélange ordinaire, dans la proportion de 10 à 7,5.

Laiton. 9°. On a fait ensuite, avec cet arcot, deux plattes et une planche à épingle.

Les presses des plattes composées de:

12 kil. de cuivre rosette;
20,5 — d'arcot;
9 — de mitrailles jaunes;
30 — de blende;
15 — de charbon de bois,
et 3 — de zinc métallique;

ont donné 97k.30 de laiton moulé, 6 kilogr. de grenailles, 2 kilogr. de rognures, etc.; total 105,50. Mais comme les lavages étaient mélangés de sable, on a réduit le tout à 104; c'est-à-dire à 52 kilogr. par presse, au lieu de 51,37 qu'on obtient avec le mélange ordinaire.

10°. La presse de planche ordinaire composée de:

15 kil. de cuivre rosette;
20 — d'arcot;
5 — de mitrailles jaunes;
30 — de blende;
15 — de charbon,
et 4 — de zinc;

a donné à-peu-près le même résultat.

L'alliage devait contenir à-peu-près 0,63 de cuivre et 0,37 de zinc, plomb, etc.

11°. La blende, dans ces opérations, n'ayant rendu que 0,27, on a pensé qu'on pourrait en réduire la proportion. Effectivement, en n'en mettant que 25 kilogr. dans une presse de platte, on a eu autant de laiton que dans les expériences 9 et 10.

Les plattes obtenues avec la blende n'ont pas pesé tout-à-fait autant que celles qu'on a faites avec le kiess seul (essai n°. 3). Ce n'est pas que la blende contienne une proportion beaucoup moindre de zinc que le kiess; mais cela vient de ce que cette dernière substance renferme plus de 0,03 de plomb, qui ne se trouve pas dans la blende.

12°. La richesse de la blende a fait penser qu'on pourrait avec cette matière obtenir directement du laiton, en supprimant l'opération préliminaire de la préparation de l'arcot, opération dont au surplus on a peine à concevoir l'utilité, lorsqu'on peut se servir de zinc métallique pour saturer l'alliage. En conséquence, on a fait deux presses; l'une, pour platte, composée de: Laiton avec la blende grillée sans arcot.

28,5 kil. de cuivre rosette;
9 — de mitrailles jaunes;
30 — de blende;
15 — de charbon de bois,
et 5 — de zinc métallique;

l'autre, pour planche à épingle, composée de:

31,50 kil. de cuivre rosette;
5 — de mitrailles jaunes;
30 — de blende;
15 — de charbon de bois,
et 6 — de zinc métallique.

méthode actuelle; 2°. en supprimant l'arcot; 3°. en combinant directement le zinc métallique avec le cuivre. En suivant chacune de ces méthodes, on peut encore continuer à employer des mitrailles jaunes, ou cesser d'en faire usage en changeant un peu les proportions des matières dont se composent les mélanges.

Inconvéniens des mitrailles jaunes.

On emploie des mitrailles jaunes dans toutes les fabriques de laiton; les fabricans se les disputent, et en maintiennent le prix à un taux très-élevé; elles doivent cette faveur à la propriété qu'elles ont de rendre le laiton roide et sec, ce que beaucoup d'acheteurs exigent. Il est à présumer que sans cela tous ceux des fabricans qui ont une connaissance éclairée de leurs affaires auraient cessé d'en faire usage; car il est aisé de se convaincre que, dans l'état actuel des choses, les mitrailles, en tenant compte du déchet qu'elles éprouvent à la fonte, déchet qu'une longue expérience a prouvé être de 8 pour $\frac{0}{0}$, coûtent plus que le laiton neuf dans le rapport de 113 à 100. Rien ne serait plus facile que de communiquer au laiton les propriétés qu'on exige, sans avoir recours à l'emploi des mitrailles : il suffirait pour cela d'y ajouter du plomb, et peut-être de l'étain, dans des proportions que l'analyse chimique et quelques essais feraient bientôt connaître (1). Ce moyen donnerait l'avantage de permettre de faire à volonté les diverses qualités de laiton que demanderaient les consommateurs, et de les faire toujours identiques, tandis que maintenant la qualité de la fabrication varie sans cesse, parce que les mitrailles, débris de tout ce qui ne peut

(1) Voyez les analyses, 4ᵉ. livraison.

plus être d'aucun usage, apportent dans les mélanges des proportions variables et inconnues de plomb et d'étain, et y introduisent même quelquefois des substances nuisibles. Il n'y a d'avantage réel à fondre des mitrailles, que lorsque ces matières ont une valeur notablement moindre que le laiton neuf.

Le choix du meilleur procédé à suivre, ne peut se faire que lorsqu'on connaît pour une localité déterminée le prix relatif des différentes matières qu'on peut employer pour la fabrication du laiton, et le prix du laiton lui-même. Le tableau suivant des consommations nécessaires pour obtenir 100 kilogr. de laiton, suivant les divers procédés dont il a été fait mention, mettra à même de faire ce choix.

1°. Méthode actuelle. Consommations.

Consommation. Méthode actuelle.

	en employant des mitrailles.	en n'empl. point de mitrailles.
Cuivre rosette.........	57 k.,00.....	66 k.,00
Mitrailles jaunes......	13 ,70.....	——
Calamine et kiess......	91 ,00.....	103 ,00
Charbon de bois......	50 ,00.....	56 ,00
Zinc métallique.......	7 ,00.....	8 ,00
Houille...............	350 ,00.....	350 ,00
Pots................	1..........	1

En suivant la même méthode, et remplaçant le mélange calaminaire habituel par le kiess ou la blende grillée, on consommerait :

	avec des mitrailles.	sans mitrailles.
Cuivre rosette........	57 k.,00.....	65 k.,00
Mitrailles jaunes......	13 ,70.....	——
Kiess, ou blende grillée.	75 ,00.....	85 ,00
Zinc...............	6..........	7 ,00
Charbon de bois......	40 ,.......	45 ,00
Houille............	340 ,.......	340 ,00
Pots...............	1,..........	1

Si l'on se servait de blende, il faudrait, en outre, ajouter 1k.50 à 2 kilogr. de plomb par quintal métrique de laiton.

Fabrication du laiton sans arcot.

2°. Il y aurait presque par-tout de l'avantage à cesser de faire de l'arcot, lors même qu'on ne pourrait faire usage que de la calamine de la Vieille-Montagne; mais cet avantage ne deviendrait important qu'en employant le mélange ordinaire, ou mieux en lui substituant une matière plus riche, telle que le kiess ou la blende.

Avec le mélange ordinaire, on consommerait :

	avec des mitrailles.	sans mitrailles.
Cuivre rosette........	57k.,00.....	65k.,00
Mitrailles jaunes......	13 ,70.....	———
Mélange calaminaire...	60 ,00.....	70 ,00
Zinc et plomb........	16 ,00.....	18 ,00
Charbon de bois......	31 ,00.....	36 ,00
Houille..............	200 ,00.....	200 ,00
Pots................	⅔.........	⅔

Avec le kiess, ou avec la blende, on consommerait :

	avec des mitrailles.	sans mitrailles.
Cuivre rosette........	57k.,00.....	65k.,00
Mitrailles jaunes......	13 ,70.....	———
Kiess, ou blende grillée.	50 ,00.....	57 ,00
Zinc et plomb........	12 ,00.....	13 ,00
Charbon de bois......	31 ,00.....	36 ,00
Houille..............	200 ,00.....	200 ,00
Pots................	⅔.........	⅔

Des expériences faites avec le kiess ou la blende autorisent à croire qu'on pourra réduire encore la consommation de l'une ou de l'autre de ces substances.

Si l'on fait attention que la blende grillée et

le kiess, qui ne rendent que 0,40 de zinc au plus dans le travail du laiton, en renferment cependant au moins 0,70, on verra qu'il s'en perd environ 0,30 par la volatilisation. Ce métal, aussitôt qu'il est réduit en vapeurs, brûle et forme un oxide blanc, que les matières gazeuses qui s'échappent des fourneaux entraînent dans l'atmosphère. Cet oxide se dépose sur tous les corps avec lesquels les gaz sont en contact : on le connaît sous les noms de *pompholix*, *laine philosophique*, etc., selon l'aspect qu'il prend; il serait très-facile d'en recueillir une grande quantité avec peu de dépense. On est sûr de ne rien exagérer en admettant que sur les 0,30$^{c.}$ qui se forment, on pourrait en recueillir 0,20; en ne considérant cette substance que comme de la calamine propre à faire du laiton (ce serait la plus riche que l'on puisse se procurer), elle produirait une économie équivalente au cinquième de la valeur du kiess ou de la blende que l'on consommerait, si on ne la ramassait pas.

Il est hors de doute qu'il n'est pas nécessaire de mêler à la calamine, etc., une aussi grande proportion de charbon qu'on le fait ordinairement. On pourrait certainement en diminuer la consommation d'un tiers, et probablement même de moitié.

Fabrication du laiton avec le zinc métallique.

3°. On suppose, par aperçu, que si l'on fabriquait du laiton directement avec du zinc, on ferait dans chaque four quatre presses par vingt-quatre heures au lieu de deux, que chaque presse produirait 150 kilogr. de laiton, et qu'on brûlerait un hectolitre et demi de houille par presse.

On consommerait :

	avec des mitrailles.	sans mitrailles.
Cuivre rosette	57 k.,00	65 k.,00
Mitrailles jaunes	13 ,70	——
Zinc métallique et plomb	32 ,00	37 ,00
Charbon de bois	12 ,00	12 ,00
Houille	100 ,00	100 ,00
Pots	1	1

La main-d'œuvre serait probablement un peu moindre que dans la méthode actuelle, qui exige un ouvrier par four.

Le cuivre ne contenant que peu de plomb, il faudrait en ajouter 3 kilogr. par presse. Il paraît difficile de l'employer autrement qu'à l'état métallique.

Addition de plomb. La même addition serait nécessaire si l'on fabriquait le laiton avec la blende; mais alors il serait, je crois, préférable de se servir de litharge en poudre, que l'on mélangerait exactement avec la blende et le charbon; il en résulterait que l'alliage serait parfaitement homogène, tandis que lorsqu'on plonge des morceaux de plomb dans un bain de laiton, il arrive fort souvent qu'il ne s'y répand pas d'une manière uniforme.

Rapport des dépenses. En attribuant à la blende grillée la même valeur qu'à la calamine de Limbourg (1), on

(1) Le grillage de la blende est facile à faire, et n'exige pas une haute température. Tout porte à croire qu'on pourra l'opérer dans des fours à réverbère, chauffés par la flamme des fours à laiton. Néanmoins ce grillage coûtera beaucoup plus que celui de la calamine, parce qu'on ne peut l'exécuter que sur de petites masses à-la-fois, et qu'il nécessite beaucoup de main-d'œuvre. En tirant parti de la flamme des fours à laiton, les frais de grillage seront de 2 à 3 francs par

trouve qu'à Jemmape, pour obtenir une même quantité de laiton, par chacune des méthodes dont il a été fait mention, les dépenses seraient entre elles dans le rapport des nombres qui suivent :

1°. Méthode actuelle.....	avec le mélange ordinaire.......	avec mitrailles.	1,000
		sans mitrailles.	970
	avec la blende....	avec mitrailles.	981
		sans mitrailles.	950
2°. Fabrication sans arcot....	avec le mélange ordinaire.......	avec mitrailles.	981
		sans mitrailles.	953
	avec la blende ou avec le kiess...	avec mitrailles.	970
		sans mitrailles.	936
	avec la blende ou le kiess sans mitrailles..........	en économisant la blende et le charbon....	926
		Idem, et en recueillant l'oxide de zinc...	918
3°. Fabrication avec le zinc métallique....	avec mitrailles...........		980
	sans mitrailles...........		948

Si l'on considère que dans chacune de ces méthodes la valeur du cuivre rouge est représentée par 795 à 800, on voit que les dépenses variables sont extrêmement différentes pour chacune d'elles, et qu'en changeant le procédé on peut diminuer d'un tiers au moins celles qui ont lieu actuellement. Cette économie procurerait à un établissement dans lequel on fabriquerait 2,000 quintaux métriques de laiton par année, un surcroît de bénéfice de 30,000 à 35,000 francs.

M. Boucher se propose d'abandonner son éta-

quintal métrique de blende grillée; il faudrait ajouter à cette dépense le prix d'environ un hectolitre de houille, s'il était nécessaire d'adapter un foyer particulier aux fourneaux de grillage.

blissement de Jemmape, situé sur un territoire actuellement étranger à la France, et d'en créer un nouveau dans un des faubourgs de la ville de Rouen (1), qui sera plus à portée de ses ateliers des départemens de l'Orne et de l'Eure; il a le dessein d'y employer la blende qu'il pourra ramasser dans les déblais de la mine de Pontpéan, et celle que pourront lui fournir quelques autres localités. Il ne manquera pas d'y introduire les perfectionnemens auxquels nous ont conduits les expériences que nous avons faites ensemble. Quel que soit, au reste, le résultat de ses projets, cet habile fabricant n'en aura pas moins rendu un grand service à l'industrie nationale, en se décidant à faire en grand, dans ses ateliers, des essais avec la blende de Pontpéan, puisque ces essais mettent hors de doute la possibilité de remplacer avec avantage la calamine par la blende pour fabriquer le laiton (2). Plusieurs membres du corps des mines ont fait, à diverses époques, du laiton avec de la blende dans le laboratoire de l'école des mines; Jars et Duhamel indiquent dans leurs *Voyages métallurgiques* le procédé qu'il faut suivre; M. Vauquelin a fait plusieurs fois cette expérience lorsqu'il était inspecteur des mines, et qu'il professait la docimasie, etc. Mais jusqu'ici personne n'avait songé à mettre ces essais

(1) Cet établissement est presque terminé maintenant, et sera probablement en pleine activité dans le courant du mois de juillet.

(2) Nous nous sommes assurés aussi par l'expérience qu'on pourrait, sans difficulté, retirer du zinc métallique de la blende grillée, et en beaucoup plus grande quantité que de la calamine.

à profit. M. Boucher est le premier qui en ait eu l'heureuse idée, et qui ait osé braver l'opinion générale prononcée contre l'emploi de la blende. On s'empressera sans doute de l'imiter; mais il aura toujours l'honneur d'avoir détruit un préjugé nuisible aux progrès de notre industrie, et d'avoir posé les bases d'un nouvel art qui peut devenir fort avantageux à la France, et auquel nous devrons peut-être le rétablissement de plusieurs mines importantes actuellement languissantes, ou depuis long-temps délaissées (1).

(1) Il y aurait encore plusieurs essais à faire relativement à la fabrication du laiton. J'aurais particulièrement désiré pouvoir examiner si l'emploi du cuivre granulé est aussi avantageux que les Anglais le prétendent. On se demande encore s'il ne serait pas possible de fabriquer en même temps du zinc et du laiton, en recueillant les vapeurs métalliques, qui se dégagent des creusets, dans des appareils propres à les condenser et à les soustraire au contact de l'atmosphère, etc. Mais le temps nous a manqué, et d'ailleurs on sait que pour réussir il ne faut pas abuser de la complaisance et de la patience des ouvriers et des employés.

Explication des Figures, Planche II.

Figure 1re. Plan général d'une fonderie à six fours et à trois jeux de pierre.

Fig. 2e. Élévation dans laquelle on voit la porte de trois fours et des poteaux qui soutiennent le manteau de la cheminée.

Fig. 3e. Coupe horizontale de trois fours accolés suivant la ligne ABCD des coupes verticales.

Fig. 4e. Coupe verticale de deux fours accolés suivant la ligne EF.

Fig. 5e. Coupe verticale d'un four suivant la ligne GH.

Fig. 6e. Plan et coupe d'un grand pot.

Fig. 7e. Plan et coupe d'une buse en fonte.

[illegible]. Échelle de 9 millimètres pour mètre, pour les [illegible] et 2.

Fig. 9e. Échelle de 2 centimètres pour mètre, pour les figures 3, 4 et 5.

Fig. 10e. Échelle pour le grand pot.

Fig. 11e. Échelle pour la buse.

Détails.

aaaaaa, bouche des fours à laiton.

bbbbb, fosses dans lesquelles on amasse les escarbilles.

ccccccc, porte du cendrier de chaque four.

ddddddd, manteau de cheminée soutenu par des poteaux en pierre.

e e, pétrins en bois dans lesquels on fait le mélange du charbon et de la calamine. On jette de l'eau sur ce mélange pour qu'il ne s'en élève pas de poussière, et pour qu'il se tasse mieux dans les pots.

fff, pierre à mouler le laiton en granite de Grauville.

ggg, fosses dans lesquelles on fait basculer les pierres au moyen d'un treuil et d'une roue qu'on appelle le *virveau*.

iiiiii, tourillons sur lesquels les pierres se meuvent.

jjjj, maçonnerie des fours en briques.

kkkk, plaques carrées en fonte qui font la base des fours; elles sont percées de onze trous sur lesquels on place les buses.

lllll, buses en fonte par lesquelles l'air s'introduit dans les fours et par lesquelles les escarbilles tombent dans les cendriers.

mmm, aire des fours en argile réfractaire battue.

nnnnnnnn, pots. Il y en a huit dans chaque four.

oooo, voûtes des fours. Ces voûtes se font sur un moule avec un mélange semblable à celui dont on fait les pots, mais moins soigné. Quand elles sont achevées on retire le moule, composé de huit pièces, qui peuvent se séparer les unes des autres; on les aplatit de quelques centimètres en les pressant fortement : on bat l'argile et on charge de terre.

ppp, couronnes en fonte qui forment la bouche des fours et qu'on pose sur les voûtes.

EXTRAIT D'UN RAPPORT

Fait au Conseil général des Mines, sur l'état actuel des fabriques de laiton en France, et sur les avantages qui paraissent devoir résulter pour ces usines, de la substitution de la BLENDE A LA CALAMINE *dans la fabrication du laiton* (1).

Lieux où l'on fabrique le laiton.

Il est peu d'états en Europe qui ne possèdent des manufactures plus ou moins considérables de laiton. L'Angleterre en renferme de très-importantes. Il en existe également en Suède, en Saxe, en Bohême, dans le Tyrol, etc. Mais celles qui sont le plus à la portée de la France, sont les fabriques de Namur (Pays-Bas), et de Stolberg dans la nouvelle partie de la Prusse. Le royaume ne fut que trop long-temps privé de cette branche considérable d'industrie; car on ne peut pas considérer comme fabrique de laiton, les ateliers de conversion (quelque in-

(1) Ce rapport a eu lieu à l'occasion d'un mémoire de M. Boucher et d'un rapport de M. Berthier, sur les essais qui ont été faits par eux dans la fonderie de laiton de Jemmape, avec la blende de Pontpéan.

M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines ayant jugé que ces trois mémoire et rapports présentaient un ensemble de faits et de vues dont l'industrie française pouvait tirer un grand parti, il en a ordonné la publication par extrait dans les *Annales des Mines*.

Déjà le mémoire de M. Boucher a paru dans la 2e. livraison de cette année, page 227. On a vu l'extrait du rapport de M. Berthier, page 345.

téressans qu'ils soient d'ailleurs), où l'on refond les vieux cuivres jaunes ou mitrailles pour les convertir en chaudrons, parce qu'il n'y a aucune matière nouvelle produite par cette opération; telle est, depuis plusieurs siècles, peut-être, la principale branche de commerce du bourg de Ville-Dieu, département de la Manche.

Fabriques françaises.

Il paraît que la première fabrique de laiton qui ait été construite sur notre territoire, fut celle que M. de Rosé, propriétaire d'une fabrique semblable à Anthée, près Dinant, fit construire autrefois à Landrichamp; elle a cessé depuis long-temps, il est vrai, d'être en activité; mais on s'occupe à la rétablir dans ce moment.

Bientôt après M. Contamine construisit à Fromelène, près Givet, une fonderie de laiton composée de six fourneaux de fusion. Cette usine, qui appartient maintenant à M. Saillard, n'a pas cessé depuis d'être en activité.

Quelques années plus tard, les propriétaires du bel établissement de Romilly, près Rouen, l'augmentèrent d'une fonderie semblable, dont les produits ont été généralement consacrés à la marine.

Enfin, quoiqu'elle n'existe pas encore, nous croyons devoir citer la fonderie que M. Boucher va établir à Rouen, puisqu'elle sera dans quelques mois en activité.

Consommation du laiton en France.

Il ne paraît pas que la consommation du cuivre jaune en France fût, il y a trente ans, à beaucoup près aussi considérable qu'elle l'est aujourd'hui; du moins semble-t-il résulter de la

balance du commerce de l'année 1787 (1), que nous payions alors à l'Allemagne une somme annuelle d'environ 500,000 francs pour le laiton qu'elle nous fournissait, lorsque nous ne possédions aucune fabrique de cette espèce. Cette somme, au prix d'alors, représente environ une quantité de 150,000 kilogr. ; mais on verra combien elle a augmenté depuis.

Il est entré dans le royaume, pendant les années 1815, 1816 et 1817, par la seule frontière de la Belgique, une quantité de cuivre de 2,138,983 kilogr., ce qui donne pour le terme moyen d'une année 712,994 kilogr.

On sait qu'il entre très-peu de cuivre rouge en France par cette frontière, et que c'est la seule par laquelle s'introduise le laiton que nous tirons de l'étranger. On aurait donc pu, sans s'exposer à une erreur sensible, considérer la quantité de cuivre ci-dessus comme uniquement composée de laiton. Cependant nous avons recherché un autre moyen de connaître la vérité, en consultant divers négocians et fabricans. Nous allons présenter les renseignemens qu'ils ont bien voulu nous fournir avec d'autant plus de confiance, qu'ils se sont rapportés sur les faits sans s'être entendus, et que ces résultats confirment l'induction que l'on pouvait tirer des premières données que nous devons à la complaisance de l'administration générale des douanes.

La consommation annuelle de la France doit être évaluée ainsi qu'il suit :

(1) *Journal des Mines*, tome Ier., cahier n°. 1, page 78.

[illegible] en planches ou tables, à l'usage [illegible] .... 300,000 k.

[illegible] mille bottes de fil de diverses gros- [illegible] 5,000 bottes destinées à la seule [illegible] des épingles et des élastiques; les [illegible] de gros fils employées aux four- [illegible] de parapluie, pendules, etc., à 114 kil. [illegible], poids moyen.................... 700,000

TOTAL.............. 1,000,000 k.

Mais il faut ajouter à ce produit:

1°. La fabrication de Romilly en clous de bordage et autres objets, évaluée.............. 150,000

2°. Les quantités de cuivre jaune ou *arcot* que l'on fabrique à Paris et à Rouen pour meubles et pendules, environ et au moins.... 600,000

TOTAL général........... 1,750,000(1)

Quantités fabriquées en France.

La fabrication de nos usines doit être évaluée ainsi qu'il suit:

Les fabriques de Fromelène...	120,000 k.	1,110,000
— — Landrichamp.	60,000	
— — Rouen.......	180,000	
— — Romilly.....	150,000	
Les petites fonderies de Paris et Rouen......................	600,000	

Différence en moins de la fabrication sur la consommation........................... 640,000 k.

(1) Ces 1,750,000 kilogr. de cuivre jaune s'obtiennent par deux procédés différens; savoir, directement avec le cuivre rouge et le zinc métallique, ou en mêlant le cuivre rosette avec différentes quantités de calamine, de cuivre jaune en mitraille et de zinc métallique. Les procédés employés jusqu'ici à la fonderie et aux ateliers de Paris et de Rouen, appartiennent à la première espèce de fabrication. Les cuivres en planches et en fil que l'on fabrique dans nos autres usines appartiennent à la seconde espèce, que la manufacture de Romilly va également adopter au moins en partie.

Nous ne fabriquons donc encore que 360,000 k. de laiton avec la calamine, et les 640,000 kil. qui nous manquent sont de cette espèce. Mais la plupart de nos fonderies peuvent augmenter leur fabrication au moins d'un quart, et l'on ne peut douter qu'à leur exemple il ne s'élève bientôt d'autres fonderies semblables. Au reste, si celles que nous possédons déjà ne suffisent guère qu'au tiers de nos besoins, du moins notre industrie a-t-elle su s'emparer en grande partie de la conversion de la matière brute en objets fabriqués.

C'est ainsi que plusieurs établissemens de France, qui possèdent des laminoirs pour la tôle ou le cuivre rouge, à Romilly, Hayange, Imphy, Avignon, etc., laminent quelquefois du cuivre jaune, et le convertissent en feuilles, quoique ce ne soit pour eux qu'un objet très-accessoire. Ateliers de conversion.

D'autres établissemens, uniquement consacrés au laiton, le réduisent en planches et en fil.

M. Boucher fils possède à Chanday, près l'Aigle, un bel atelier de ce genre, où l'on trouve réunis laminoir, fonderie et tréfilerie.

Le même fabricant est propriétaire d'un autre laminoir à Courteil, près Verneuil (Eure). Il en construit en ce moment un troisième à Launay, commune de Reuil, même département.

Enfin, les fonderies de Fromelène et de Landrichamp possèdent chacune une fenderie et une tréfilerie.

D'après les proportions des mélanges en usage dans la fabrication du laiton et de l'*arcot* (1), la Quantités des matières premières.

---

(1) Voyez le rapport de M. Berthier.

quantité des divers approvisionnemens nécessaires pour la confection de 1,750,000 kilogr. de cuivre jaune, présente les résultats suivans :

Cuivre rouge ou *rosette*....	1,132,500 kilogr.
Zinc métallique...........	257,500
Cuivre jaune en mitraille...	137,000
Calamine grillée...........	910,000

Si l'on n'avait égard qu'à l'état actuel de nos fonderies, ces objets de première nécessité se réduiraient aux quantités suivantes ; savoir :

Cuivre rosette............	767,700 kilogr.
Zinc métallique...........	212,700
Mitrailles................	49,520
Calamine grillée..........	327,600

Occupons-nous quelques instans de ces matières premières, et de la manière de nous les procurer.

Cuivre rouge. L'importation moyenne du cuivre en France a été, de 1807 à 1813 inclusivement, de quatre millions de francs, qui représentent à-peu-près, aux prix de cette époque, une quantité de un million cent mille kilogrammes.

On assure qu'il est entré en France, en 1817, une quantité de 1,500,000 kilogr. de cuivre ; mais il faut retrancher de ce total au moins 600,000 kilogr. pour le laiton importé qui a été confondu avec le cuivre rouge. Nos besoins, à l'égard de celui-ci, se sont donc bornés à 900,000 kilogr., dont nos fonderies de laiton, telles qu'elles étaient alors, ont absorbé au-delà des deux tiers.

Mais leur consommation ne peut qu'augmenter ; elle doit même s'accroître, d'ici à quelques

années, de près de 400,000 kilogr. Toutes choses égales d'ailleurs, les besoins de la France en cuivre rouge étranger doivent donc être évalués pour l'avenir à 1,300,000 kilogr.

Quelque grande que soit cette quantité, il n'est guère à craindre de ne pas pouvoir y satisfaire. La Suède, l'Allemagne, la Russie, l'Angleterre et l'Amérique méridionale rempliront facilement cet objet, sans que la privation du cuivre d'une ou plusieurs de ces contrées pût suspendre l'activité de nos manufactures.

Zinc métallique.

Le zinc métallique est aussi devenu pour la France un assez grand objet de consommation et de première nécessité, depuis sur-tout que nos fondeurs et fabricans ont su l'employer seul avec le cuivre rouge pour obtenir le laiton.

Nos besoins actuels en zinc métallique sont de 600 à 650 mille kilogr. par année; savoir :

Zinc pour le laminage, et destiné au commerce (1)	400,000 k.
Zinc nécessaire aux fonderies de laiton	212,700
TOTAL	612,700 k.

Le second article de cette consommation ne peut que s'accroître par la suite; cependant cette augmentation semble devoir être assez bornée, puisque le *maximum* des besoins de nos fabriques de laiton se borne à 257,500 kilogr.,

(1) Un laminoir, uniquement destiné au laminage du zinc, a été établi par M. Saillard à Launay, commune de Reuil (Eure et Loir).

ce qui ne présente, avec l'état actuel des choses, qu'une différence en moins de 44,800 kilogr.

Nous payons maintenant aux Pays-Bas, pour le zinc métallique qu'ils nous fournissent annuellement, une somme de 4[illegible]6,636 (1); cette exportation de numéraire est susceptible d'être portée à 457,100 fr.

L'intérêt de la Hollande ne peut jamais être d'empêcher la sortie de ce métal qu'elle fabrique en abondance; nous pourrions d'ailleurs le tirer de l'Angleterre, et même de l'Inde, d'où il nous parvient sous le nom de *toutenague*.

Mitraille. La mitraille ou cuivre jaune est un objet trop peu considérable dans la fabrication du laiton, pour que l'on puisse craindre d'en manquer jamais. Nous le trouverons facilement chez nous. On pourrait, au reste, très-bien s'en passer tout-à-fait.

Calamine. La calamine, que l'on a long-temps regardée comme indispensable pour faire du bon laiton, est dès ce moment un objet notable de consommation, puisqu'il s'élève dans l'état actuel, ou du moins très-prochain de nos fabriques, à 527,600 kil. Cet article est susceptible, comme on l'a vu, d'être porté à 910,000 kilogr.

Si on estime cette matière grillée au prix de 15 fr. (2) le quintal métrique, d'après ce qu'elle

(1) On a calculé le prix du zinc métallique d'après la base de 68 fr. les cent kilogr., prix actuel du commerce à Paris.

(2) On a choisi de préférence le prix de Jemmape, comme étant celui de la contrée la plus rapprochée de nos frontières, et comme représentant à très-peu près le prix de la calamine grillée rendue sur notre territoire.

vaut à Jemmape, on trouve que la calamine est déjà l'objet d'une exportation de 49,140 fr., et que cette somme doit s'élever par la suite à 136,500 fr.

Les minéralogistes ont indiqué plusieurs gîtes de calamine en France; savoir, à Saint-Sauveur dans les Cévennes, à Montalet, district d'Uzès, à Pierre-Ville, près Valogne (Manche), à Combecave, commune de Figeac (Lot), etc. Dernièrement encore M.. Berthier a reconnu la présence de la calamine dans un échantillon de galène trouvée près de Poitiers (Vienne), et adressé au laboratoire de l'école royale des mines pour faire l'analyse du plomb et de l'argent qu'il pouvait contenir. Mais il faut avouer que la plupart de ces gisemens laissent encore beaucoup d'incertitude sur les avantages que l'on pourrait retirer de leur exploitation.

Cependant si l'oxide de zinc n'a pas été jusqu'ici découvert en quantité suffisante pour mériter les frais de l'extraction, cela provient vraisemblablement soit du peu de soin qu'on a mis à le rechercher, soit de la facilité avec laquelle on le confond avec certains minerais de fer et diverses substances pierreuses. Espérons maintenant que l'intérêt puissant de nos fabriques éveillera fortement l'attention générale sur une substance qui leur est devenue nécessaire, et donnera lieu à des découvertes importantes en ce genre.

En attendant, profitons des ressources que nous présente déjà notre sol, et peut-être pourrons-nous déjà bientôt nous passer de calamine étrangère, soit en nous livrant à l'exploitation de celles qui en sont susceptibles, soit en les

remplaçant par des substances analogues, telles que le zinc sulfuré.

Blende.

Le zinc sulfuré, plus connu sous le nom vulgaire de *blende*, est assez abondant en France; il accompagne souvent les minerais de plomb. Le plus ordinairement il est disséminé d'une manière inégale dans la masse des filons. Quelquefois il leur sert en quelque sorte de salbande, ainsi que les mines abandonnées de Pontpéan en offraient l'exemple. On le voit même, quoique ce soit assez rare, occuper presque entièrement l'épaisseur des filons, comme aux environs de Vienne en Dauphiné, et à Auxelle-Haut, près Giromagny, département du Haut-Rhin (1). Ailleurs il forme des couches distinctes et régulières dans son association avec le plomb sulfuré; du moins on cite plusieurs exemples de ce genre dans la commune d'Asprières, département de l'Aveyron (2). Enfin, il se trouve aussi quelquefois associé au cuivre pyriteux, comme à Chessy, près de Lyon. L'on voit donc que cette substance est loin d'être rare en France, et qu'il ne faut plus maintenant que savoir en tirer parti.

La blende pure, et convenablement grillée, est absolument de même nature que la calamine grillée; elle peut donc servir comme elle aux

(1) Le filon que l'on exploitait en ce lieu, pour en extraire la galène argentifère, est bien réglé et connu sur une assez grande longueur. Son épaisseur est de 14 à 16 décimètres. Il n'a été abandonné qu'à cause de la grande quantité de blende qu'il contenait. On en voit encore beaucoup sur les haldes. *Journal des Mines*, n°. 40, tome VII, page 260.

(2) *Journal des Mines*, tome XIX, page 59.

mêmes usages, sans rien changer aux procédés. En vain concevra-t-on encore quelques doutes sur cette parfaite identité; ils doivent disparaître devant les expériences décisives faites en grand par M. Boucher. Non-seulement ce fabricant distingué a opéré plusieurs fois avec de la blende de Pontpéan sur des quantités de cuivre égales à celles que l'on emploie dans les Pays-Bas; mais encore il a converti le laiton qui en est résulté en divers objets manufacturés, qui ne laissent rien à désirer ni pour la beauté, ni pour la quantité. Telles sont des planches laminées, des fils, depuis les numéros ordinaires jusqu'aux plus fins, des épingles de toutes les dimensions, et des élastiques de bretelles de tous les numéros.

Le zinc sulfuré et grillé a même cet avantage sur certaines calamines grillées, qu'il est plus riche qu'elles, puisque, d'après des analyses faites récemment au laboratoire de l'école des mines par M. l'ingénieur Berthier, sur la blende de Pontpéan et la calamine préparée de Limbourg, telle qu'on l'emploie à Jemmape, la première substance tient 0,896 d'oxide de zinc, tandis que la seconde n'en renferme que 0,647. Il en résulte que si l'on évalue la calamine grillée à 15 francs le quintal métrique, la même quantité de blende également grillée devrait valoir 20 francs 77 cent., ou en somme ronde 21 francs.

Les besoins actuels de nos fabriques étant réputés de 327,600 kilogr. en calamine, ils seraient amplement remplis avec 236,559 kilogr. de blende. Mais cette consommation peut être portée à 657,109 kilogr., en remplacement de

910,000 kilogr. de calamine nécessaire pour une fabrication de cuivre jaune égale à notre consommation.

Avantages pour nos mi- lieu de l'em- ploi de la blende dans la confection du laiton.

Grâce aux expériences de M. Boucher, on ira bientôt remuer les déblais de plusieurs de nos exploitations délaissées, pour y chercher le zinc sulfuré que l'on a long-temps rejeté comme inutile; et dorénavant nos concessionnaires de mines auront grand soin de faire rentrer et mettre de côté la blende qu'ils rencontreront, certains qu'ils pourront à l'avenir en tirer un parti avantageux : ainsi une matière regardée long-temps comme nuisible par les dépenses qu'elle occasionnait en pure perte, [illegible] au succès des exploitations [illegible] fit quelquefois abandonner.

[illegible] de la blende nécessaire à la confection [illegible] nous consommons est, comparativement au [illegible] de la calamine, de.......	138,000 fr.
[illegible] de la blende nécessaire pour ob- [illegible] quantité de zinc métallique que nous [illegible] annuellement, est de...........	457,000
[illegible] un nouveau débouché ouvert à nos [illegible] de..........................	595,000 fr.

Cependant le gain de l'exploitant sera bien moins considérable que celui du fabricant. En effet, la blende acquiert dans la confection du laiton, dont les frais de main-d'œuvre et de régie sont au plus de 5 francs par quintal, une valeur réelle de 160 francs, puisqu'elle ajoute sur cette quantité de matière fondue un poids de 40 kilogr., qui valent environ 4 fr. chacun. Ainsi fabriquons nous-mêmes tout le laiton que nous consommons, et pour lequel

on emploie la calamine, c'est-à-dire un million de kilogr.; nous créerons, avec une valeur brute de 138,000 francs, une matière de fabrication égale à 400,000 kilogr., dont le prix s'élevera, au sortir de nos usines, à 1,600,000 fr., pour être ensuite, peut-être, décuplé par différens travaux subséquens. C'est ainsi que les mines deviennent réellement la source de richesses presque incalculables pour les nations qui savent en tirer parti.

Avis du conseil général des mines.

Le Conseil général des Mines a approuvé le rapport rédigé par M. l'inspecteur général Duhamel, au nom d'une commission; il a cru devoir y ajouter que le procédé de la fabrication du laiton avec la blende a été depuis long-temps indiqué par les métallurgistes, principalement par MM. Jars et Duhamel père; que plusieurs essais en petit ont été faits au laboratoire de l'école royale des mines, et ont donné d'heureux résultats. Mais que M. Boucher, guidé d'abord par les conseils de M. Duhamel, inspecteur général des mines, et ensuite par ceux de M. l'ingénieur Berthier, a le premier essayé le procédé en grand, en bravant le préjugé général qui y était contraire; que les produits de ses expériences ne laissent rien à désirer, tant sous le rapport économique, que sous le rapport de la qualité du laiton obtenu; que M. Boucher a ainsi posé les bases d'un nouvel art qui peut devenir très-avantageux à la France, en l'affranchissant d'un tribut qu'elle paye à l'étranger, et en donnant les moyens de reprendre plusieurs mines importantes, aujourd'hui languissantes ou délaissées, pour en

extraire la blende ou sulfure de zinc dont on n'avait jusqu'à présent tiré aucun parti utile.

Le conseil pense que M. Boucher mérite les éloges et l'encouragement du Gouvernement.

Pour extrait conforme,

Signé, DE BONNARD, *secrétaire du conseil.*

Analyse de la calamine de Sauxais, département de la Vienne; par M. Berthier, *ingénieur des mines.*

M. l'ingénieur en chef de Cressac ayant envoyé au laboratoire, pour y être essayée, une galène découverte récemment dans ses propriétés, commune de Sauxais, arrondissement de Poitiers, je trouvai que la gangue de cette galerie avait la plus grande ressemblance avec la calamine de Figeac (département du Lot), et je soupçonnai qu'elle contenait du carbonate de zinc. L'analogie du gîsement (la galène de Sauxais est disséminée dans un calcaire horizontal ancien) fortifiait ce soupçon; l'analyse l'a confirmé. Effectivement, j'y ai trouvé :

Oxide de zinc	0,28	ou	Carbonate de zinc	0,43
Chaux	0,12		Carbonate de chaux	0,22
Oxide de fer	0,05		Carbonate de fer	0,07
Magnésie	0,03		Carbonate de magnésie	0,06
Argile	0,16		Argile et eau	0,22
Acide carbonique et eau	0,36			
	1,00			1,00

Cette calamine est jaunâtre, tantôt grenue, presque terreuse et criblée de petites cavités, et tantôt à cassure écailleuse. Elle est disséminée irrégulièrement dans un calcaire argileux compacte et gris. Elle ne fait pas gelée avec les acides et ne renferme par conséquent point d'oxide silicifère, comme la calamine de Limbourg. Elle est absolument de même nature que la calamine de Figeac. La galène qui l'accompagne est à grandes facettes et ne renferme que 0,0001 d'argent. M. de Cressac se propose de faire faire quelques travaux à Sauxais, pour reconnaître la richesse de la couche métallifère, et savoir s'il serait possible d'en extraire avec avantage du minerai de zinc et du minerai de plomb.

ANALYSES

DE SUBSTANCES MINÉRALES.

Analyse d'une substance charbonneuse trouvée dans un four à porcelaine; par M. Gay-Lussac. (Annales de Chimie, *t. IV, p.* 67.)

Cette substance a été recueillie par M. Alluaud aîné, minéralogiste distingué de Limoges, dans un alandier qui avait peu de tirage.

Elle se présente sous la forme de filets allongés et ramifiés, mais peu entre-croisés. La surface des filets est mamelonnée. La couleur est un gris noirâtre, qui est plus clair vers les extrémités. Au microscope, on voit qu'elle a un éclat métallique. La dureté est assez grande pour que la poussière raye le marbre, mais non pas le quarz.

M. Gay-Lussac l'a chauffée au rouge dans un tube de verre, avec de l'oxide de cuivre récemment calciné. Il s'est dégagé de l'acide carbonique, mais il n'a aperçu aucune trace d'humidité dans le tube.

Il a ensuite exposé à l'action de la chaleur, dans un creuset de platine, un grain de cette substance avec 45 grains d'oxide de mercure; il n'y a eu aucun résidu. Il conclut de ces expériences que la substance en question est du carbone pur, et il lui paraît probable qu'elle a été déposée par un gaz hydrogène carboné huileux, formé dans l'alandier qui brûlait mal,

... qui s'est encore décomposé lorsqu'il s'est trouvé en contact avec les parois du four plus fortement échauffé que l'alandier.

Ayant examiné comparativement un charbon écailleux préparé par M. Doebernier, il a trouvé que ce charbon contenait 0,25 d'un mélange de silice et de fer, qu'il considère comme un carbure de silicium et de fer.

Recherches sur la composition et les propriétés du naphte d'Amiano dans les états de Parme; par M. Th. De Saussure. (Bibliothèque universelle, *tome IV, p.* 116.)

Le naphte naturel d'Amiano offre à sa source, dans son état d'impureté, une liqueur transparente, jaune, très-fluide, dont la pesanteur est de 0,836. En la distillant trois fois de suite, et en ne retenant que les premières portions du produit, on obtient un liquide d'une densité égale à 0,758, et qui ne diminue plus par de nouvelles distillations. Les naphtes provenant de la distillation du pétrole de Gabian, des asphaltes du val de Travers et du département de l'Ain, paraissent être identiques avec celui d'Amiano.

Le naphte pur est un liquide transparent, incolore, presque sans saveur, d'une odeur faible et fugace, inaltérable à l'air, brûlant avec une flamme blanche mêlée de beaucoup de suie; il est très-volatil, et bout à 85,5. La densité de sa vapeur est de 2,833.

L'air saturé de vapeurs de naphte brûle comme le gaz hydrogène carboné; mais il ne peut détonner par l'étincelle électrique, qu'en y ajoutant une certaine proportion d'oxigène et d'hydrogène.

Le naphte est insoluble dans l'eau; au contraire, il se dissout aisément dans l'alcool, l'éther, les huiles grasses, les huiles essentielles, la poix résine. Il dissout le camphre, la cire, le soufre, le phosphore à l'aide de la chaleur. La potasse, la soude et les acides minéraux n'exercent aucune action sur le naphte, soit à froid, soit à chaud.

Lorsqu'on le fait passer dans un tube de porcelaine chauffé au rouge, il produit un charbon très-dense à éclat métallique, de l'huile même empyreumatique mêlée de naphte et de charbon divisé, et du gaz hydrogène de plus en plus carboné.

Pour analyser le naphte, on en a introduit 0,g945 dans 1078 centimètres cubes de gaz oxigène sur le mercure, et après la vaporisation, le volume du mélange occupant 1104c,5, on y a ajouté $\frac{1}{10}$ d'hydrogène, et on a fait détonner. On a trouvé que le naphte avait dû absorber 217c,7 d'oxigène pour produire 153c,9 d'acide carbonique et de l'eau, d'où on a conclu que cette substance devait contenir : carbone. 0,8760
hydrogène.. 0,1278

1,0038

Si l'on réduit ces quantités en volume, en prenant 0,0732 pour la densité de l'hydrogène, et en admettant avec M. Gay-Lussac que celle de la vapeur de carbone est de 0,416, on trouve que le naphte est composé de six volumes de vapeur de carbone et de cinq volumes d'hydrogène, et que leur réunion en un seul volume donne le nombre 2,862, très-voisin du nombre 2,833 qui exprime la densité de la vapeur du naphte.

Note sur la distillation du succin; par MM. Robiquet *et* Collin. (Annales de Chimie, *t. IV*, *p.* 326.)

Le premier effet de la chaleur sur le succin, est de le ramollir et de le faire entrer en fusion. Lorsque cette chaleur a atteint un degré suffisant, l'acide succinique se vaporise avec un peu d'huile, et occasionne dans la matière un boursoufflement considérable, qui, si on ne ménage pas le feu convenablement, fait sortir le succin de la cornée et occasionne la rupture des vases. Ce boursoufflement diminue à mesure qu'il reste moins d'acide succinique, et il arrive une époque où la masse s'affaisse d'elle-même, quoique la chaleur ait toujours été progressive.

Le résidu pris à cette époque a encore une cassure nette, vitreuse, et un aspect résineux; mais si on continue à le chauffer en élevant la température, il bout tranquillement et produit en abondance une huile très-fluide et colorée, qui paraît être d'une nature particulière.

Pour achever la distillation, il faut pousser la chaleur jusqu'au point de ramollir le verre : on voit alors se condenser dans le col de la cornée une substance jaune, de la consistance de la cire, qui ne se mélange point à l'huile, et le résidu de la distillation est un charbon léger et peu abondant.

La substance jaune a des propriétés particulières, que MM. Robiquet et Collin ont constatées. Lorsqu'on la sépare autant que possible, par la pression et par les lavages, de l'huile dont elle pourrait être imprégnée, elle n'a ni odeur, ni saveur; elle adhère encore moins aux dents que

ne le fait la cire. Elle est insoluble dans l'eau, presque insoluble dans l'alcool, à-peu-près inattaquable par les alcalis, et très-fortement par l'acide nitrique; l'éther la dissout rapidement, même à froid, et l'évaporation spontanée la reproduit sans altération.

Si on la fait bouillir long-temps avec de l'eau, l'huile se vaporise, et elle devient friable et d'un aspect cristallin. Lorsqu'on la tient quelques instans à la température rouge-obscure, elle présente une cassure fort analogue à certains fers. L'éther ne la dissout plus qu'en partie, et il reste au fond de la liqueur des paillettes d'un très-beau jaune, qui ressemblent assez bien à l'oxide d'urane natif; ces paillettes, lorsqu'on les chauffe brusquement, se fondent, se volatilisent et se décomposent en partie. La dissolution éthérée donne, par l'évaporation, une substance molle qui s'étale à la surface de la peau, et y forme un vernis qu'on ne peut enlever que difficilement.

Analyse de l'eau de mer; par John Murray. (Annales de Chimie, *t. VI, p.* 62.)

L'eau de l'Océan a été analysée par Lavoisier, par MM. Bouillon Lagrange et Vogel, etc.; elle contient,

Selon Lavoisier :

Muriate de soude.	0,01376
Muriate de magnésie.	0,00156
Muriates de chaux et de magnésie. . .	0,00257
Carbonate et sulfate de chaux.	0,00093
Sulfates de chaux et de magnésie. . .	0,00085
	0,01967

Selon Bouillon et Vogel :

Muriate de soude	0,02510
Muriate de magnésie	0,00350
Sulfate de magnésie	0,00578
Sulfate de soude	0,00015
Carbonates de chaux et de magnésie	0,00020
Acide carbonique	0,00023
	0,03496

Pour vérifier ces résultats, M. Murray a fait de trois manières l'analyse de l'eau de mer, prise dans le golfe appelé Frith of Forth, près de Leith : 1°. par cristallisations ménagées et lavages alternatifs au moyen de l'eau ; 2°. en évaporant à siccité et traitant successivement le résidu par de l'alcool à 0,84, du même alcool mêlé de moitié d'eau, du même alcool mêlé de $\frac{3}{4}$ d'eau, et enfin par de l'eau chaude, et en faisant cristalliser ces diverses dissolutions ; 3°. enfin, par la méthode générale, qui a été décrite (Annales des Mines, *t. III*, *p.* 173.).

Il a obtenu par la 1re. méthode.		par la 2e.	par la 3e.
Muriate de soude	0,02518	0,02492	0,02180
Muriate de magnésie	0,00294	0,00354	0,00486
Muriate de chaux			0,00078
Sulfate de magnésie	0,00175	0,00081	
Sulfate de soude	0,00027	0,00103	0,00350
Sulfate de chaux	0,00100	0,00097	
	0,03114	0,03127	0,03094

Le total diffère peu dans ces trois analyses. Dans la dernière, il a obtenu directement la proportion des acides et des bases ; savoir : acide muriatique 0,01337, acide sulfurique 0,00197, chaux 0,00040, magnésie 0,00202, soude

0,01318; et il les a combinés comme il croit probable qu'ils le sont dans l'eau qui les tient en dissolution. Il entre à ce sujet dans quelques détails; il résulte de son travail que les sels que l'on obtient sont différens, selon qu'on s'est servi de tel ou tel agent. Berthollet a fait voir que la force de cohésion détermine la formation des combinaisons les moins solubles parmi des sels dissous dans un milieu : M. Murray croit qu'on peut admettre que l'inverse de cette force, c'est-à-dire, le pouvoir dissolvant, doit produire des effets opposés et rétablir les combinaisons détruites par la force de cohésion; de sorte que, si dans une dissolution concentrée ce sont les composés les moins solubles qui se forment, ce seront au contraire les combinaisons les plus solubles qui se formeront dans une dissolution étendue. De là il conclut que l'eau de mer renferme du sulfate de soude et des muriates de chaux et de magnésie, et que les sulfates de chaux et de magnésie ne se forment que par l'évaporation. Il cite plusieurs faits à l'appui de cette assertion.

En général, dans les analyses bien faites, lorsque l'on donne le muriate de chaux et le muriate de magnésie, comme ingrédiens, avec le sulfate de chaux, on ne trouve ni sulfate de soude, ni sulfate de magnésie; mais quand on ne trouve point de muriate de chaux, on présente souvent le sulfate de soude et le sulfate de magnésie au nombre des ingrédiens. Selon le docteur Henry, il y a dans le sel gemme une petite quantité de muriates de chaux et de magnésie avec un peu de sulfate de chaux, mais point de sulfate de magnésie; tandis que dans les différentes variétés de sel marin, il y a beau-

coup de sulfate de magnésie et du sulfate de chaux, mais point de muriate de chaux. Le docteur Henry a encore trouvé que la proportion du sulfate de chaux, mêlé avec le sel de pêche, diminuait à mesure que l'évaporation avançait; que le 1er. sel en contenait 0,16, le 2e. 0,11, et le 3e. 0,035. Si l'eau eût tenu le sulfate de chaux en dissolution, dit M. Murray, ce sel aurait commencé à se déposer à l'instant où la liqueur se serait trouvée diminuée au point de ne plus pouvoir le tenir dissous en totalité, et il aurait continué à se déposer à proportion que l'évaporation aurait avancé, et jusqu'à la fin. Le muriate de soude se serait déposé de la même manière, en sorte que ces deux sels auraient été entre eux dans le même rapport (1).

« Le sulfate de chaux se précipite après que l'évaporation est arrivée à un certain degré, c'est-à-dire, lorsque la concentration est suffisante pour favoriser l'action du sulfate de soude et du sulfate de magnésie sur le muriate de chaux (2).

---

(1) L'auteur est obligé de supposer que l'action du muriate de chaux sur le sulfate de soude, n'a lieu qu'à une certaine époque, ou au moins s'accroît beaucoup à une certaine époque de l'évaporation; il reconnaît qu'il vient un moment où le liquide salé ne retient presque plus de sulfate de chaux. Ne serait-il pas plus naturel et aussi exact d'admettre que la solubilité du sulfate de chaux diminue à mesure que l'eau se sature de muriate de soude, sur-tout à la température de l'ébullition? cela paraît d'autant plus probable que la même diminution de solubilité a été observée par rapport au sulfate de soude. (*Journal des Mines, t. XXII, p.* 104.) Alors l'opinion de M. Murray, sur l'existence simultanée du sulfate de soude et du muriate de chaux, paraîtrait tout-à-fait hypothétique, et ne se trouverait appuyée sur aucun fait.

(2) La décomposition du muriate de chaux, par le sulfate de

La quantité de ce dernier sel diminue à proportion que l'évaporation avance, jusqu'à ce qu'enfin il ne reste plus de trace de ce sel ou de sulfate de chaux dans les eaux mères, qui alors contiennent seulement du muriate de soude, du muriate de magnésie et du sulfate de magnésie. On n'a pas encore fait mention de ce résultat curieux, quoique ce soit en conséquence de cela que l'on retire en grand la magnésie des eaux mères (de l'eau de la mer), et qu'on l'obtienne parfaitement pure. »

Note sur la salure de l'Océan atlantique; par M. J.-L. Gay-Lussac. (Annales de Chimie, *t. VI, p.* 426.)

M. Lamarche, officier de marine, a recueilli de l'eau de mer, à différentes latitudes, pendant sa traversée de Rio-Janeiro en France, dans l'année 1816; et il l'a remise à M. Gay-Lussac pour qu'il la soumette à quelques essais.

M. Gay-Lussac s'est contenté de déterminer la pesanteur spécifique et la quantité de matière saline de chaque échantillon. La pesanteur spécifique a été prise en pesant le même flacon, alternativement vide, plein d'eau distillée et plein d'eau salée, à la température de 8°. La quantité de matière saline a été déterminée par l'évaporation jusqu'au rouge-obscur. « Cette opération se fait très-commodément dans un matras dont

soude ou par le sulfate de magnésie, a été observée par la plupart des chimistes qui se sont occupés du traitement des eaux minérales salées. (Voyez *Journal des Mines, t. V, p.* 163; et *t. XXII, p.* 121.) M. Grenn, un des premiers qui aient fait cette observation, a indiqué le parti qu'on pouvait en tirer pour purifier certaines eaux salées.

on tient le col incliné sous un angle de 45°, et que l'on agite continuellement pendant qu'il est sur le feu, aussitôt que les sels commencent à le dessécher, afin d'éviter les soubresauts. Le bouillonnement ne peut rien rejeter au-dehors, et ce résidu donnerait exactement le poids des matières salines, s'il ne se dégageait de l'acide hydrochlorique, provenant de la décomposition d'une partie de l'hydrochlorate de magnésie, contenu dans l'eau de mer. Il est facile d'evaluer la quantité de cet acide en recueillant la magnésie qui reste lorsqu'on dissout le résidu de l'évaporation dans l'eau; car on connaît le rapport d'après lequel ces deux corps se combinent. La quantité de magnésie fournie par chaque résidu étant trop petite pour être évaluée avec précision, on a réuni tous les résidus, et après en avoir séparé la magnésie, on l'a partagée proportionnellement au poids de chaque résidu. Comme il est très-probable que cette base existe dans l'eau de la mer à l'état de magnésium, on a corrigé le poids de chaque résidu en en retranchant celui de l'oxigène contenu dans la magnésie obtenue, et en ajoutant le poids du chlore saturé par la quantité de magnésium correspondante. Les résultats ont été réunis dans le tableau suivant :

Latitude.	Longitude.	Densité.	Résidu salin.
Calais.	Ouest.	1,0278	0,0348
35° / N	17° /	1,0290	0,0367
31,59	23,53	1,0294	0,0363
29, 4	25, 1	.....	0,0366
21, 0	28,25	1,0288	0,0375
9,59	19,60	1,0272	0,0348
6	19,55	1,0278	0,0377
3 2	21,20	1,0275	0,0357
10,0	23, 0	1,0283	0,9367
5 2 S	22,36	1,0289	0,0368
8 0	5,16	1,0286	0,0370
12,59	26,56	1,0294	0,0376
15, 3	24, 8	1,0284	0,0357
17, 1	28, 4	1,0291	0,0371
20,21	37, 5	1,0297	0,0375
23,55	43, 4	1,0293	0,8361
Moyenne..	......	1,0286	0,0365

Lord Mulgrave, aux latitudes de 60, 74 et 80 degrés, a trouvé que l'eau de mer, prise à 100 mètres de profondeur, contient 0,0360 et 0,0354 de matières salines. L'eau recueillie par Pagès, sur divers parallèles, depuis le 45e. degré N jusqu'au 50e. degré S, contient à-peu-près 0,04e. de matières salines. Bergmann en a trouvé 0,0360 dans l'eau prise près des Canaries; et MM. Bouillon Lagrange et Vogel, 0,0360 et 0,0380 dans l'eau de l'Océan, à la hauteur de Dieppe et de Bayonne, et 0,040 dans la Méditerranée vis-à-vis de Marseille. »

De ces faits et de quelques autres qu'il discute, M. Gay-Lussac conclut que la salure du Grand-Océan doit présenter de très-petites variations, si elle n'est par-tout la même, et fait voir ensuite,

par le raisonnement, que cette conclusion est d'accord avec la théorie.

Il y a des causes qui agissent d'une manière marquée sur la salure des mers intérieures : ce sont principalement l'évaporation, la pluie et l'écoulement de l'eau des fleuves. La densité de l'eau de la Baltique est de 1,0094, d'après M. de Buch, et la quantité de matières salines qu'elle contient est de 0,0118, selon MM. Lichtenberg, Pfaff et Luk; de là résulte que la Baltique reçoit plus d'eau qu'elle n'en perd, et qu'elle doit la déverser par le Sund dans la mer du Nord. L'analyse de l'eau de la Méditerranée, par MM. Bouillon Lagrange et Vogel, porte à croire au contraire que cette mer perd plus d'eau qu'elle n'en reçoit.

Enfin, si l'on suppose un état primitif de densité uniforme dans toute l'étendue des mers, il est impossible que la salure soit plus grande aujourd'hui au fond qu'à la surface, au moins d'une manière sensible.

Sur les restes fossiles de rhinocéros, découverts par le docteur Wittby, *dans une caverne qui fait partie de la roche calcaire avec laquelle on construit la chaussée de Plymouth; par* sir Éverard Home. (Transactions philosophiques, 1817. 1re. *Partie.*)

M. Brande a analysé une portion de ces os fossiles et une dent : il a trouvé

	dans l'os.	dans la dent.
Phosphate de chaux.	0,60	0,78
Carbonate de chaux.	0,28	0,08
Matière animale.	0,02	0,06
Matière terreuse étrangère. .	0,00	0,08
Eau.	0,10	

Le même chimiste a fait l'analyse d'un os de tibia et d'une dent d'un hippopotame, trouvés à Brentford, et de la côte d'un poisson fossile découvert à Lyme : il a trouvé

	dans la dent.	le tibia.	le poisson.
Phosphate de chaux. . . .	0,70	0,50	0,50
Carbonate de chaux. . . .	0,06	0,05	0,10
Matière terreuse étrangère.	0,20	0,38	0,20
Matière animale.	0,04	0,05	0,05
Eau.	[illegible]	0,02	0,08

SUR LA FABRICATION DU SULFATE DE MAGNÉSIE.

§. Ier. *Fabrication du sulfate de magnésie au moyen de la pierre calcaire magnésifère; par* William Henry. (Annales de Chimie, *t. VI*, *p.* 86.)

En août 1806, M. Henry a pris une patente en Angleterre pour fabriquer le sulfate de magnésie avec l'acide sulfurique et la magnésie retirée de la pierre calcaire magnésifère. On commence par calciner la pierre pour en dégager l'acide carbonique, et on la divise, en l'arrosant, avec la quantité d'eau nécessaire pour la convertir en hydrate, ou en la laissant quelque temps exposée dans un air humide. On en sépare la chaux, en la traitant par les acides, en proportion telle que la chaux seule soit dissoute. La magnésie est ensuite traitée par l'acide sulfurique ou le sulfate de fer, qui, comme on sait, est décomposé par cette base. Pour dissoudre la chaux, on peut employer, selon les circonstances, l'acide acétique sous forme de vinaigre ou d'acide pyroligneux, l'acide nitrique, l'acide muriatique ou même le chlore. On détermine la quantité d'acide nécessaire par l'expérience.

(*Note des Rédacteurs.*) Les calcaires magnésiens abondent en France, sur-tout dans les contrées méridionales. (*Journal des Mines*, *t. XXVII*, *p.* 493, etc.) Les matières pyriteuses y sont communes aussi; d'ailleurs la méthode de charbonner

le bois en vaisseaux clos commençant à se propager, on recueille une assez grande quantité d'acide acétique impur. Il serait donc très-possible et probablement avantageux d'employer, dans certaines localités, le procédé qu'indique M. Henry. Mais ce procédé n'a peut-être pas toute la nouveauté que son auteur lui suppose; du moins l'on verra, par l'extrait qui suit, qu'en 1806 on n'aurait pas pu en faire, en France, l'objet d'un brevet d'invention, puisqu'il était pratiqué, à quelques différences près, dans un pays qui faisait alors partie de notre territoire.

§ II. *Sur la fabrication du sulfate de magnésie au Mont* della Guardia, *près Gènes; par* Joseph Mojon. (*Brochure in-8.*, 1805.) (1)

(Extrait du texte italien.)

Le Mont *della Guardia* est situé à environ 8 milles (2 lieues ½) au N. O de Gènes. Son sommet est élevé de 2,000 pieds au-dessus de la mer. Il est composé de schistes primitifs, ordinairement grisâtres, qui alternent avec des serpentines; ces roches sont pénétrées d'une multitude de veines et filons, de pyrites ferrugineuses et cuivreuses. Les veines et filons sont inclinés à l'horizon et se dirigent presque toujours du S. E. au N. O.: ils sont abondans sur-tout au sud du lieu dit le Mont *Ramazzo*. Ces pyrites sont plus ou moins riches en cuivre: les unes sont compactes, dures, brillantes, d'un gris métallique et d'une pesanteur de 4,48; d'autres sont couleur de bronze, verdâtres et douces au toucher: elles pèsent 3,6.

On a d'abord exploité ces pyrites pour en ex-

(1) Un Extrait de ce petit ouvrage a déjà été inséré dans le *Journal de Physique*, *t. LVIII*, *p.* 336, et dans les *Annales de Chimie*, *t. XLVIII*, *p.* 79.

traire du cuivre et du sulfate de fer. Morando s'aperçut que ce sel était mélangé de beaucoup de sulfate de magnésie, et essaya d'obtenir celui-ci en précipitant l'oxide de fer par la chaux : il réussit complétement; mais il fut obligé, par diverses circonstances, d'abandonner son entreprise.

Alors le sieur Ansaldo prit la direction de l'établissement, et introduisit le procédé qu'on suit actuellement.

On exploite les filons métalliques par des galeries sinueuses, de 200 à 400 pieds de longueur sur 8 à 12 de largeur : il est arrivé souvent de rencontrer d'anciennes excavations remplies d'eau, qui ont failli occasionner de grands accidens.

On grille le minerai dans un four elliptique, creusé en terre, de 18 pieds de diamètre, et profond de 20 pieds. Le minerai est disposé en forme de voûte, et on met le bois dessous par une ouverture inférieure : le feu dure huit jours.

On expose la pyrite grillée en tas, à l'air et à la pluie, pour la faire effleurir, pendant six mois; au bout de ce temps on la lessive et on filtre la liqueur dans des tonneaux dont le fond est couvert d'un lit de paille et d'une couche de sable.

La dissolution contient des sulfates de fer, de cuivre et de magnésie. Quand le sulfate de cuivre est abondant, on le décompose par le fer; quand il ne se trouve qu'en petite quantité, on le décompose, ainsi que le sulfate de fer, par un lait de chaux, qu'on ajoute seulement en proportion suffisante pour décolorer la liqueur; alors on filtre, on fait rapprocher dans une

grande chaudière en cuivre, et on met cristalliser dans des vases en terre vernissée : le sulfate de magnésie se forme dans les vingt-quatre heures. Pour satisfaire les consommateurs, on est obligé de troubler la cristallisation, parce qu'ils sont accoutumés à voir ce sel en aiguilles fines.

Le résidu du lavage est grillé et traité une seconde fois.

On obtient ainsi, de cent parties de minerai, dix parties de sulfate de magnésie, et on emploie une partie de chaux pour décomposer les sels métalliques.

La proportion du sulfate de magnésie obtenue est augmentée par la magnésie que contient la chaux. M. Mojon a trouvé que la chaux de Gazzo contient 0,09 de magnésie, celle de Cocoletto 0,04, celle de Vado 0,05, celle d'Isloverdo 0,08, celle de Saint-Marimo de Paravanico 0,07, et celle de Pignoni 0,05$^{c.}$

M. Mojon, en rendant justice à l'inventeur du procédé, croit que ce procédé est susceptible d'être perfectionné. Il observe qu'il est beaucoup plus avantageux de fabriquer du sulfate de cuivre que d'en extraire le métal qui n'y entre que pour un quart. Il propose de faire rapprocher la lessive jusqu'à pellicule, de la faire cristalliser à diverses reprises, et de recueillir séparément les produits de chaque cristallisation : le sulfate de magnésie cristallise le premier, le sulfate de fer ensuite, et le sulfate de cuivre le dernier : on pourrait donc recueillir celui-ci ; puis, réunissant les premiers dépôts, on les décomposerait par un lait de chaux. L'auteur a essayé en petit ce procédé, qui lui a parfaitement réussi.

M. Mojon ayant examiné les diverses variétés de sulfate de magnésie, qui sont dans le commerce, a trouvé qu'ils sont tous plus ou moins impurs. Selon lui, le sulfate de Gènes donne 0,45 de carbonate de magnésie par le carbonate de potasse, celui d'Espagne 0,37, celui d'Angleterre 0,38, et celui de France 0,22.

La fabrication du sulfate de magnésie, au Mont *Ramazzo* près le Mont *della Guardia*, ne s'élève actuellement (1803) qu'à quelques quintaux par jour : elle pourrait être beaucoup plus considérable.

(*Note des Rédacteurs.*) Au rapport de M. Cordier, qui, en 1809 et 1810, a rempli les fonctions d'ingénieur en chef des mines, dans les départemens que formait la Ligurie, l'exploitation du Mont *Ramazzo* fabriquait alors annuellement, savoir :

Sulfate de magnésie.	38,000 kilogram., valant		20,900 fr.
Sulfate de fer. . . .	7,200	*id.*	3,600
Cuivre rosette.. . .	200	*id.*	720
			25,220 fr.

On voit, à la collection de l'École royale des Mines de Paris, une suite d'échantillons constatant, non-seulement la constitution du Mont *Ramazzo* et de la mine qu'il renferme, mais encore la série des opérations qui composent l'ingénieux procédé de Félix Morando. D'après M. Cordier, à qui on doit ces échantillons, la description du procédé, faite par M. Mojon, est d'une grande exactitude; mais cet habile chimiste n'a pu examiner avec le même soin le gisement de la mine. M. Cordier regarde le Mont *Ramazzo* comme essentiellement composé de serpentine : cette roche, tantôt massive et tantôt imparfaitement schisteuse, renferme constamment du fer chromaté, disséminé en très-petits grains, et prend parfois une contexture porphyroïde par le mélange de cristaux de diallage : on y voit en quelques endroits des bancs ou masses subordonnées d'euphotide compacte, tantôt schisteuse et tantôt massive. La mine est située dans la serpentine imparfaitement

schisteuse; elle consiste en petits amas, accidentels, et non suivis de pyrite magnétique, lesquels sont disposés, non pas en filons, mais en rognons aplatis ou en plaques minces, parallèlement au fil de la roche, dont ils sont du reste contemporains, et avec laquelle ils se mêlent intimement. Cette pyrite magnétique est d'un jaune de bronze, tantôt pur et tantôt tirant au gris jaunâtre; elle contient de très-petites portions de cuivre pyriteux disséminé d'un jaune de laiton, et des particules noires métalliques qui donnent aux masses la propriété d'être salissantes au toucher: l'exploitation se fait par travaux irréguliers comme le gîte. Le minerai, tel qu'on le traite, est un mélange plus ou moins apparent de sulfures métalliques et de serpentine.

M. Vauquelin a donné, dans le *t. IX* des *Annales du Muséum*, l'analyse d'une variété de serpentine provenant du voisinage de la mine; elle lui a fourni sur cent parties :

Magnésie	44
Silice	44
Fer oxidé au minimum	37
Manganèse oxidé	1, 5
Chrôme oxidé	2
Alumine	2
Chaux et acide muriatique, une quantité inappréciable	
	130, 5

Ces détails n'ont pas une liaison également directe avec l'emploi du calcaire magnésifère, inventé par Félix Morando; ils nous ont néanmoins paru intéressans à rapporter.

§. III. *Sur la fabrication du sulfate de magnésie au moyen des terres magnésiennes.*

Pendant long-temps on n'a extrait le sulfate de magnésie que de l'eau des fontaines minérales, des eaux grasses de quelques salines et de l'eau de la mer; mais, depuis qu'on sait que la magnésie existe en grande abondance dans beau-

coup de substances minérales, on a reconnu qu'on pouvait fabriquer du sulfate de magnésie, avec beaucoup d'avantage, au moyen de ces substances.

M. Bérard, en faisant connaître la nature de la terre de Salinelle (département du Gard) (1), qu'il a trouvée composée de

Silice..............	0,45
Magnésie...........	0,22
Oxide de fer.........	0,01
Eau................	0,32

a prouvé qu'en traitant cette terre par de l'acide sulfurique à 40°, on en obtenait facilement du sulfate de magnésie très-pur; et il en a fabriqué de cette manière, à Montpellier, dans les ateliers de M. Chaptal.

M. Soquet, de Chambéry, a proposé, en l'an X, de préparer le sulfate de magnésie par le grillage immédiat de pyrites ferrugineuses et de terres magnésiennes (2).

A Saint-Imbert près Sarebruck, on fabrique depuis très-long-temps du sulfate de magnésie avec des schistes magnésiens et pyriteux, qui font partie d'un terrain houiller, etc.

Si cela était utile, on pourrait, en beaucoup d'endroits, fabriquer du sulfate de magnésie en abondance; mais ce sel est d'un trop faible usage pour qu'il puisse donner lieu à la création d'établissemens considérables.

---

(1) *Annales de Chimie*, *t. XXXIX*, *p.* 65, an IX.

(2) *Annales de Chimie*, *t. XLII*, *p.* 64, an X.

OBSERVATIONS

SUR LA

MESURE DES ANGLES DES CRISTAUX;

PAR M. HAÜY.

LORSQUE j'ai composé, il y a environ vingt ans, mon *Traité de Minéralogie*, ma collection, outre qu'elle ne se trouvait pas éloignée de sa naissance, se ressentait de la rareté dont étaient parmi nous les cristaux réguliers et nettement prononcés. C'est presque uniquement avec ces faibles moyens que j'ai entrepris d'appliquer ma théorie à toutes les variétés décrites jusqu'alors, en ajoutant celles qui étaient nouvelles pour moi. On sait qu'en général l'étude des corps dont il s'agit exige beaucoup de choix de la part de ceux qui la cultivent, pour en trouver dont la formation ait été à l'abri des causes accidentelles, qui altèrent le niveau des surfaces, et occasionnent des différences appréciables entre leurs inclinaisons respectives et celles qui dérivent des lois invariables de la structure. Ces sortes d'accidens ont été la cause d'une partie des inexactitudes qui me sont échappées à mon insçu, et que j'aurais pu rectifier, si j'avais eu plusieurs cristaux de la même variété, pour vérifier mes observations. D'autres inexactitudes ont été occasionnées par des imperfections dont je m'apercevais, sans pouvoir dissiper les incertitudes qu'elles faisaient naître; et dans ces sortes de cas, j'ai eu

soin d'avertir que je ne garantissais pas la précision de mes mesures (1).

Tel est le sort des ouvrages qui sont comme les premiers jets d'un grand travail, sur-tout lorsqu'il présente les résultats d'une multitude de recherches délicates, que parmi ceux qui portent l'empreinte de la précision et de l'évidence, il s'en trouve d'autres qui laissent encore des doutes à éclaircir, et dont la détermination définitive est réservée à des observations faites sur des objets plus parlans.

Les accroissemens considérables que ma collection a reçus pendant les années qui ont suivi l'impression de mon traité, m'ont fourni les moyens de faire diverses corrections à mes anciennes déterminations. J'en ai fait connaître quelques-unes dans mon tableau comparatif, et depuis l'époque où il a paru, j'ai continué de m'occuper du même sujet, me réservant à insérer les nouveaux résultats, auxquels j'étais parvenu, dans la seconde édition que je prépare de mon *Traité de Minéralogie*.

Je n'avais point d'autre instrument pour la détermination des angles, que le goniomètre inventé par M. Carangeot, et avec lequel on ne doit guère se flatter de saisir des différences

(1) En traitant de la cristallisation de l'étain oxidé (*Traité de Minéralogie*, tome IV, page 153), j'avais employé des considérations puisées dans la loi de symétrie, qui me faisaient présumer une différence entre la forme primitive de ce minéral, et le cube dont elle ne s'éloigne pas beaucoup. Mais les seuls cristaux que j'eusse alors entre les mains, et qui étaient de ceux qu'on appelle *maclés*, se refusaient aux observations qui m'auraient mis à portée de vérifier la différence dont il s'agit, et que j'ai indiquée dans mon *Tableau comparatif*, pages 284 et 285.

moindres qu'un demi-degré, et qui peuvent aller jusqu'à environ un tiers de degré, lorsque le cristal sur lequel on opère est d'une perfection qui ne laisse rien à désirer. Mais la méthode que j'avais adoptée et que j'exposerai bientôt, semblait me dispenser d'une plus grande précision, parce qu'elle me fournissait un moyen de reconnaître, à l'aide de la théorie, le terme où je devais m'arrêter, au milieu des variations que subissaient mes résultats, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

A mesure que les sciences font des progrès, ceux qui les cultivent inventent de nouveaux moyens de déterminer plus exactement les quantités qui servent de données pour la solution des problèmes. Le cercle répétiteur de Borda avait fourni un de ces moyens à l'astronomie et à la géodésie. Malus l'a employé pour mesurer au moyen des angles d'incidence et de réflexion de la lumière, les angles de plusieurs corps naturels qu'il se proposait de faire concourir au développement de sa belle théorie de la double réfraction. M. le docteur Wollaston, à qui les sciences ont tant d'obligations, a imaginé un autre instrument très-ingénieux, fondé sur le même principe, pour en faire des applications directes à la cristallographie. La petitesse des corps, loin d'être pour lui une cause d'exclusion, semble devenir plutôt un motif de préférence, et c'est une prérogative dont jouit ce savant si distingué, de faire servir les moyens que lui fournissent la physique et la chimie à déterminer tantôt les angles, tantôt les principes composans d'un objet qui échappe presque aux yeux, et qui semble emprunter de l'extrême habileté de la main qui

le soumet à l'expérience, ce qui manque à ses dimensions ou à son volume.

M. Phillips, qui s'est exercé avec succès dans l'art de manier le même instrument, a publié dans les Transactions de la Société géologique de Londres (1), les résultats des opérations qu'il a faites, pour mesurer les angles d'un certain nombre de cristaux, et sans même leur comparer ceux auxquels je suis parvenu, il suffit de considérer la manière dont cet instrument est construit et divisé, pour se croire fondé à en conclure que le goniomètre ordinaire est incapable de lutter avec lui, et qu'il n'y a point à balancer sur le choix, toutes les fois que l'on voudra obtenir une précision satisfaisante dans les mesures des angles des cristaux.

Les résultats de M. Phillips qui n'avait aucune connaissance de la plupart des rectifications que j'ai faites de mes anciennes déterminations, indiquent avec plusieurs de celles-ci des différences très-sensibles, qui semblent achever de garantir la prééminence du goniomètre à réflexion; et l'espèce de défaveur qu'elles tendent à répandre sur celui dont je me suis servi, pourrait même être une raison de douter si ma théorie est aussi bien prouvée que je l'ai cru, et si elle ne doit pas finir par être rejetée, comme n'ayant pu porter dans ses applications cette exactitude qui est de l'essence de toutes les théories.

Je me propose de faire voir que la mienne, dans l'état auquel l'ont amenée les nouvelles tentatives que j'ai faites pour la perfectionner, ne peut faire naître aucun doute sur la justesse des

(1) A Description of the oxyd of tin, etc. (*Transactions of the geological Society*, tome XI, page 336 — 376.)

résultats qui s'en déduisent; que les déterminations des formes primitives auxquelles je me suis arrêté, conduisent, à l'égard des formes secondaires, aux véritables lois de décroissement dont ces formes dépendent, et que les mesures même qui ont été prises, à l'aide de la réflexion, confirment l'existence de ces lois.

J'ajoute que l'application de la théorie à la méthode minéralogique a également toute l'exactitude nécessaire pour faire concourir les formes des molécules à la distinction des espèces.

Enfin, sans exclure, dans certains cas particuliers, l'usage des mesures prises à l'aide de la réflexion, je suis convaincu que celles auxquelles conduit le goniomètre ordinaire, et qui ont l'avantage d'être à-la-fois directes et expéditives, suffisent, soit pour déterminer une nouvelle variété, soit pour reconnaître à laquelle des variétés déjà classées dans la méthode appartient un cristal qui en présente la forme, et que l'on voit pour la première fois.

Je vais citer trois exemples à l'appui de ce que je viens de dire. Les deux premiers, dont l'un me sera fourni par le quarz et l'autre par l'étain oxidé, ont été choisis parmi ceux dont la détermination a été publiée, soit dans mon traité, soit dans mon tableau comparatif. Le sujet du troisième sera le plomb sulfaté, dont je me suis occupé plus récemment. Je comparerai les résultats des mesures obtenues à l'aide des deux goniomètres, et je tirerai de cette comparaison les conséquences qui me paraissent garantir la vérité de tout ce que j'ai avancé.

Quarz.

Quoique les cristaux de quarz soient sujets à

de fréquentes anomalies qui occasionnent de légères variations dans les positions de leurs faces, sur-tout de celles qui sont parallèles à l'axe, cependant il n'est pas difficile d'en trouver, sur le grand nombre de ceux qui sont répandus dans les collections, dont la forme ait toute la régularité que l'on peut désirer, pour se prêter aux mesures mécaniques. Tels sont en particulier ceux qu'on a nommés *hyacinthes de compostelle*, dont beaucoup sont isolés et complets, et dont tous les plans sont lisses et parfaitement de niveau.

Je me trouvais donc, à l'égard de ces cristaux, dans une circonstance favorable pour ramener le rapport de leurs dimensions à une limite simple, susceptible de conduire à des résultats sensiblement d'accord avec ceux de la cristallisation.

Je pris pour donnée l'inclinaison d'une des faces de la pyramide, telle que P (fig. 1, *Pl. III.*) sur le pan adjacent *r*. Je trouvai qu'elle tombait entre $141^d \frac{1}{2}$ et 142^d. Je la supposai de $141^d \frac{3}{4}$. Dans cette hypothèse, si du centre c de la base de la pyramide dont cs est l'axe, on mène une perpendiculaire cr sur un des côtés, puis la ligne rs, on aura crs $= 51^d\ 45'$ et cr : cs : : sin. $38^d\ 15'$: sin. $51^d\ 45'$. Pour avoir le rapport cr : cs exprimé en quantités radicales, je prends les logarithmes des carrés des deux sinus, et cherchant dans la table des nombres naturels ceux auxquels ils répondent, je trouve que l'on a cr : cs : : $\sqrt{3833}$: $\sqrt{6167}$, à-peu-près : : $\sqrt{38}$: $\sqrt{62}$ ou : : $\sqrt{19}$: $\sqrt{31}$; ce qui donne crs $= 51^d\ 56'$, et csr $= 38^d\ 4'$, dont le premier est trop fort et le deuxième trop faible, par une suite des quantités que j'ai négligées. Je vois que si j'ajoute une unité à chaque

terme du rapport, cr se trouvera plus augmenté à proportion que cs, ce qui tend à rapprocher les deux angles de ceux que donne l'observation. J'aurai donc cr : cs :: $\sqrt{20}$: $\sqrt{32}$, ou :: $\sqrt{5}$: $\sqrt{8}$; et ainsi le rapport a toute la simplicité convenable, pour lui imprimer le caractère d'une limite. Ce rapport donne 51$^{d.}$ 40′ pour la mesure de l'angle scr, et 141$^{d.}$ 40′ 16″ pour l'incidence de lsg sur lgdn, résultats qui touchent de bien près celui de la mesure mécanique.

Dans la même hypothèse, le rapport entre les deux demi-diagonales g et p, des faces du rhomboïde primitif, est celui de $\sqrt{15}$ à $\sqrt{13}$, et le cosinus de l'angle qui mesure la plus petite incidence des faces du rhomboïde est $\frac{1}{13}$ du rayon, ce qui donne pour cette incidence 85$^{d.}$ 36′, et pour la plus grande 94$^{d.}$ 24′. En partant du même rapport, on a 133$^{d.}$ 48′ 46″ pour l'angle que font entre elles deux faces adjacentes lsg, gst, sur la même pyramide.

On trouve dans le bel ouvrage publié par M. Malus, sur la Double-Réfraction, une détermination des incidences mutuelles des faces du rhomboïde du quarz, que ce savant célèbre a prise à l'aide de la réflexion, en se servant du cercle répétiteur. Il indique 94$^{d.}$ 16′ pour la plus grande, et 85$^{d.}$ 44′ pour la plus petite (1).

J'ai désiré de savoir jusqu'où iraient aussi les différences entre les deux déterminations relativement aux autres incidences, et quels seraient

(1) (*Théorie de la double réfraction*, page 242.) M. Phillips indique 94$^{d.}$ 15′, et 85$^{d.}$ 45′ dont la différence n'est que de 1′ avec les résultats obtenus par M. Malus. Elle provient de ce que le goniomètre dont s'était servi M. Phillips, n'était divisé que de 5 en 5 minutes.

les rapports qui résulteraient des mesures de M. Malus entre les dimensions principales du rhomboïde du quarz. J'ai trouvé, en suivant une marche analogue à celle qui m'a conduit au rapport $\sqrt{5} : \sqrt{8}$, que dans l'hypothèse présente on aurait $g : p :: \sqrt{718} : \sqrt{625}$; que le co-sinus de la plus petite incidence des faces serait les $\frac{93}{1250}$ du rayon, et que le rapport entre cr et cs serait celui de $\sqrt{1157}$ à $\sqrt{718}$. On aurait pour l'incidence de lgs sur gts 133$^{d.}$ 44′ 46″, au lieu de 133$^{d.}$ 48′ 46″; différence 4′.

On pourrait substituer au rapport $\sqrt{1157}$ à $\sqrt{718}$, entre cr et cs, celui de $\sqrt{149}$ à $\sqrt{240}$, qui est plus simple, et qui ne donne qu'une demi-minute de différence dans les angles qui en dépendent, avec ceux auxquels conduit le premier (1). Ceci me suggère une réflexion que je ne crois pas devoir omettre.

Si je montrais à un physicien-géomètre le rapport $\sqrt{149}$ à $\sqrt{240}$, en lui disant que c'est celui qui a lieu dans la pyramide du quarz, entre la perpendiculaire menée du centre de la base sur un des côtés et la longueur de l'axe, il est très-probable qu'après l'avoir considéré, il y trouverait une petite correction à faire, pour le transformer en un autre rapport beaucoup plus simple; il ne s'agirait que d'ajouter une unité au dernier chiffre du terme $\sqrt{149}$, et alors le rapport deviendrait, au moyen de la division des deux termes par 30, celui de $\sqrt{5}$ à $\sqrt{8}$; c'est précisément celui auquel je suis parvenu. Je répondrais que l'extrême précision de l'instrument qui a

(1) M. Malus paraît avoir négligé les secondes, en mesurant les angles cités ci-dessus.

servi à déterminer le rapport dont il s'agit, ne me permet pas de l'altérer. Il pourrait me demander jusqu'où s'étend la différence entre l'inclinaison (1) des faces de la pyramide donnée par ce rapport, et celle qui résulte du rapport $\sqrt{5}$ à $\sqrt{8}$, et si je lui disais qu'elle se réduit à environ 4', je doute s'il ne serait pas tenté de la rejeter sur l'observation, plutôt que de l'imputer à la nature.

Étain oxidé.

Dans les déterminations que M. Phillips a publiées des formes cristallines relatives aux substances minérales qui ont été le sujet des articles précédens, ce savant s'est borné à donner les inclinaisons des faces de la forme primitive. J'ai déduit de ces inclinaisons celles des faces produites sur les formes secondaires en vertu des lois de décroissement, et je leur ai comparé celles auxquelles on parvient, en partant des angles donnés par le rapport que j'ai adopté entre les dimensions principales du solide primitif, comme étant la limite dont le choix est indiqué par le caractère de sa simplicité. M. Phillips a été beaucoup plus loin à l'égard des cristaux d'étain oxidé; il a mesuré immédiatement les diverses inclinaisons des faces qui terminent les formes secondaires, en sorte qu'ici je serai dans le cas de le comparer avec lui-même; et ce qui rendra, je l'espère, cette comparaison plus

(1) On aurait pu prendre pour angle fondamental celui qui dérive de cette inclinaison tout aussi bien que celui qui a lieu entre les faces du rhomboïde, et dans ce cas, l'instrument, pour être d'accord avec lui-même, aurait dû donner immédiatement l'angle de 133d 44' 46".

instructive et plus intéressante, c'est qu'une partie des inclinaisons dont il s'agit sont indépendantes des angles primitifs, et dérivent uniquement des lois de décroissement dont l'existence ne peut être révoquée en doute.

La forme primitive de l'étain oxidé, telle que je l'ai indiquée dans mon tableau comparatif, est un octaèdre (*fig.* 2.) dans lequel la base commune des deux pyramides dont il est l'assemblage est un carré. Tel est le rapport que j'ai adopté entre les dimensions principales, que l'arête oblique bs (*fig.* 3.) de la pyramide, et la demi-diagonale bc de sa base, sont entre elles comme les nombres entiers 7 et 3, ce qui donne $\sqrt{40}$ pour la valeur de la demi-diagonale bc de sa base et $\sqrt{26}$ pour celle de la perpendiculaire menée du centre sur l'un des côtés (1).

Parmi les divers angles que font entre elles les faces des cristaux d'étain oxidé, il en est un qui a fixé particulièrement l'attention de M. Phillips. C'est celui qui mesure l'incidence de s sur g (*fig.* 4.), dans la variété que j'ai nommée bissexdécimale. Il a désiré de comparer cette incidence, telle que l'indique ma théorie, avec celle que lui aurait donnée le goniomètre à réflexion; et comme l'instrument dont il se sert n'est divisé que de 5 en 5 minutes, il a emprunté celui de M. Carey, dont la division va jusqu'aux demi-minutes (2). L'angle dont il s'agit, mesuré à l'aide de cet instrument, est de 133^{d} 32′ 30″.

(1) Il résulte de cette détermination, que la moitié du carré 40 de la demi-diagonale bc est égale à la somme 7 + 3 des lignes bs et cs.

(2) Ouvrage cité page 348.

Suivant ma théorie, il est de 133^d 29$'$ 29$''$; différence 3$'$.

M. Phillips ayant déterminé tous les autres angles avec son goniomètre ordinaire, j'ai choisi de préférence celui qui vient d'être cité, pour en déduire géométriquement ces mêmes angles, et en faire la comparaison avec ceux qu'a obtenus M. Phillips, en employant les mesures mécaniques. Le rapport qui m'a servi de donnée est celui de cr à cs (*fig.* 2.), entre la perpendiculaire menée du centre de la base de la pyramide ahsb et l'un des côtés, tel que ab. J'ai trouvé que pour remplir le but que je me proposais, il fallait faire cr $= \sqrt{702}$ et cs $= \sqrt{317}$.

Ici se présente une remarque analogue à celle que j'ai faite à l'égard du quarz. Si l'on multiplie par 2 les deux termes du rapport précédent, on a $\sqrt{1404}$ et $\sqrt{634}$, et retranchant de part et d'autre le dernier chiffre, puis divisant par 7, cr : os :: $\sqrt{20}$: 3, ce qui est le rapport que j'ai adopté.

Je vais maintenant parcourir les diverses faces de la même variété, et faire la comparaison des résultats obtenus par les différentes méthodes, relativement à leurs incidences. Je les diviserai en deux séries, dont l'une comprendra les faces terminales P, S (*fig.* 4.), et l'autre les faces latérales g, r, l.

Pour les faces terminales. Nous avons ici trois espèces de résultats à comparer; savoir, 1°. ceux auxquels conduit la théorie; 2°. ceux qui ont été déterminés par M. Phillips, au moyen du goniomètre à réflexion; 3°. ceux qu'il aurait dû obtenir pour être d'accord avec lui-même, c'est-à-dire ceux auxquels on est conduit par le calcul,

en partant des données du même savant. Je désignerai ces trois espèces de résultats par les lettres T, G, C.

Incidence de P sur P″ (*fig.* 1 et 3.) T. $67^{d.}\,42'\,32''$; C. $67^{d.}\,48'\,4''$; G. $67^{d.}\,50'$.
différ. avec T, $7'\,28''$; et avec C, $1'\,56''$.

de P sur P′ (*fig.* 1 et 3.) T. $133^{d.}\,36'\,18''$; C. $133^{d.}\,32'\,38''$.
différ. entre C et T, $3'\,40''$.
(M. Phillips n'a pas donné la mesure de cette incidence.)

de S sur Ś (*fig.* 3.) T. $121^{d.}\,45'\,24''$; C. $121^{d.}\,41'\,54''$; G. $121^{d.}\,40'$.
différ. avec T, $5'\,24''$; et avec C, $1'\,54''$.

de P sur S T. $150^{d.}\,52'\,12''$; C. $150^{d.}\,50'\,27''$; G. $150^{d.}\,45'$.
différ. avec T, $7'\,12''$; et avec C, $5'\,27''$.

Si M. Phillips ne s'était imposé la loi de s'en tenir strictement aux mesures mécaniques, il aurait pu déduire l'incidence de P sur s, de celle de $121^{d.}\,40'$ qu'il avait trouvée entre s et s, en ajoutant $90^{d.}$ à la moitié de cette dernière; ce qui lui aurait donné $150^{d.}\,50'$, et l'aurait fait apercevoir que son goniomètre le mettait en opposition avec lui-même d'une quantité égale à $5'$.

Pour les faces latérales. Les incidences mutuelles de ces faces sont dans un cas particulier, par une suite de ce que la base commune des deux pyramides, dont l'octaèdre primitif peut être regardé comme l'assemblage, est un carré. Elles peuvent être assimilées à celles qui résultent des lois de décroissemens sur les bords d'un cube, et dont il suffit que la mesure soit donnée, pour que les angles qui en dérivent s'en déduisent géométriquement, avec une précision rigoureuse.

Une construction simple fera aisément concevoir ce que je viens de dire. Soit absh (*fig.* 5) le carré qui représente la base indiquée par les

mêmes lettres, et soient de, dk kx, etc. des lignes qui fassent entre elles les mêmes angles que les pans g, r, l (*fig.* 4.) dont les lettres indicatives se trouvent répétées sur les lignes dont il s'agit (*fig.* 4). Prolongeons kd et xz jusqu'à la rencontre de fi, et ha, sb, jusqu'à la rencontre de fk et ix; puis menons kn et xy perpendiculaires sur fi. Les triangles ade, nkf, seront semblables à ceux que j'appelle *triangles mensurateurs*, et c'est en les résolvant que l'on détermine les inclinaisons des faces telles que r, g (*fig.* 4 et 5.) dont les positions coïncident avec leurs cotés extérieurs de, kd (*fig.* 5). Or, ces triangles sont évidemment rectangles dans le cas présent, et tels sont les rapports entre leurs côtés adjacens à l'angle droit, que ad est égal à ae, et que nf est triple de kn. Je joins ici le tableau des angles auxquels conduisent ces données, comparés à ceux qui ont été déterminés à l'aide du goniomètre à réflexion. Je continuerai de désigner les premiers par T, et les seconds par G.

Incidence de g sur l et sur l'; T. 135d. { M. Phillips a omis d'indiquer cette incidence; mais il n'est pas douteux qu'il ne l'ait supposée.

de l sur r ou sur r'; T. 161d. 33' 54"; G, 161d. 35'.
Différ. 1' 6".

de g sur r ou sur r'; T. 153d. 26' 6"; G, 153d. 25'.
Différ. 1' 6".

de r' sur r'...... T. 143d. 7' 48"; G, 143d. 10'.
Différ. 2' 12".

de r sur r'...... T. 126d. 52' 12"; G, 126d 45'.
Différ. 7' 12".

Je remarquerai encore ici, que les deux faces r', r' faisant des angles égaux en sens contraires

avec la face g, il suffit de connaître l'un de ces angles, pour en déduire l'inclinaison mutuelle de r' sur r', en retranchant 90ᵈ· de l'angle dont il s'agit, et en doublant le reste. Ainsi l'angle que forme l'une des faces r', r' avec g étant de 153ᵈ· 25', comme l'a trouvé M. Phillips, l'inclinaison de r sur r doit être égale au double de 163ᵈ· 25' — 90ᵈ·; c'est-à-dire de 126ᵈ· 50', et non pas de 126ᵈ· 45', comme l'a donné le goniomètre à réflexion; ce qui se rapproche de la véritable mesure qui est de 126ᵈ· 52' 12''.

Il me reste à parler de la variété que j'appelle *distique*, et que représente la figure 6. Les facettes z, z' qui la caractérisent, résultent d'un décroissement mixte par trois rangées en largeur et deux en hauteur sur les angles latéraux sab, sba (*fig.* 1.); d'où il suit qu'elles ont deux inclinaisons mutuelles différentes, dont la plus grande est celle de z sur z'. Ces deux inclinaisons étant données, celle de l'une quelconque des mêmes facettes sur g s'en déduit nécessairement à l'aide de la seule géométrie.

Je comparerai encore ici les trois espèces de résultats obtenus par les différentes méthodes, en me servant des mêmes lettres indicatives.

Incidence de z sur z' . . . . . . T. 159ᵈ· 6' 58''. C. 159ᵈ· 6' 40''. G. 159ᵈ· 5'.
différ. avec T, 1' 58''; et avec C, 1' 40''.
de z sur z. . . . . T, 118ᵈ· 19' 24''. C. 118ᵈ· 18' 22''. G. 118ᵈ· 10'.
différ. avec T, 9' 24''; et avec C, 8' 22''.
de z ou de z' sur g; T, 154ᵈ· 59'. C, 155ᵈ· 0' 51''. G, 155ᵈ· 25'.
différ. avec T, 26'; et avec C, 24' 9''.

La comparaison de ces résultats me conduit à une remarque qui ne me paraît pas indifférente. Dans ceux qui sont relatifs à l'incidence de z sur

z', la différence dépendante de celle qui a lieu entre les données dont ils partent, s'est atténuée au point de se réduire à une minute et quelques secondes, et l'existence de la loi simple de décroissement qui, dans ma théorie, détermine les mêmes facettes, se trouve ainsi garantie de trois manières. Or, cette loi étant donnée, les autres résultats relatifs soit à l'incidence de z sur z, soit à celle de z sur g, deviennent les corollaires du premier (1); en sorte qu'ici, comme dans une multitude d'autres cas, le cristallographe qui a calculé un de ces angles liés étroitement à un résultat fondamental, ne le mesure ensuite que comme pour se satisfaire Il ne doutait pas d'avance que l'observation, si elle était exacte, ne dût parler comme la théorie.

Cependant les mesures des deux dernières incidences prises au moyen du goniomètre à ré-

---

(1) Si l'on désigne par r la perpendiculaire cr sur ab (*fig.* 2.), par h l'axe cs de la pyramide, et par n le nombre de rangées soustraites, le rapport entre le sinus et le co-sinus de l'angle, qui mesure la moitié de l'incidence de z sur z' (*fig.* 6.), est celui de $\sqrt{2r^2\left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2+h^2}$ à $h \cdot \frac{n-1}{n+1}$; et à l'égard de la moitié de l'incidence de z sur z, le rapport correspondant est celui de $\sqrt{r^2(n-1)^2+h^2n^2}$ à h. De plus, le sinus de l'angle, dont le supplément mesure l'incidence de z sur g, est au co-sinus comme $(n-1)\sqrt{2r^2+h^2}$ est à $(n+1)\,h$. Dans le cas présent, $n=3/2$, et si l'on fait $r=\sqrt{20}$, $h=3$, on a les résultats indiqués par T. En faisant $r=\sqrt{702}$ et $h=\sqrt{317}$, on a ceux que désigne C. Or, il est visible que l'angle qui se déduit du premier rapport ayant été vérifié par l'observation, la mesure des angles auxquels conduisent les deux autres rapports, n'est, pour ainsi dire, que de surabondance.

flexion, divergent plus fortement, sur-tout la seconde, à l'égard du premier résultat, que toutes celles qui ont été citées jusqu'ici; et il semble qu'on n'aurait pas eu lieu de s'y attendre. Car, suivant M. Phillips, les cristaux de la variété distique sur lesquels il a opéré réunissaient au mérite *d'une singulière beauté*, celui d'être d'un très-petit volume (1), condition si importante pour la précision des mesures, que le même savant, après avoir dit, dans un autre endroit (2), que les cristaux d'un certain volume, même ceux dont les faces paraissaient être le plus exactement de niveau, offraient des différences très-sensibles dans la détermination de leurs angles, tandis qu'au contraire ceux qui ont de petites dimensions donnent des résultats uniformes, en conclut qu'ils sont les seuls sur lesquels on puisse compter, pour arriver à la précision.

J'ajouterai ici une considération qui sort naturellement de tout ce qui précède. Le tableau des mesures d'angles prises par M. Phillips sur les différentes variétés d'étain oxidé (3), à l'aide du goniomètre à réflexion, quelque supériorité qu'ait cet instrument sur le goniomètre ordinaire, et quelle que soit l'habileté avec laquelle il le manie, présente une série de résultats qui ne sont réellement qu'approximatifs, qui ayant été déterminés comme à l'insçu les uns des autres, n'ont aucun lien commun, et dont quelques-uns même sont contradictoires. Bien loin de s'accorder avec les lois simples de la structure, ils ten-

(1) Mémoire cité, page 363.
(2) *Id.* page 347.
(3) *Id.* page 349.

draient plutôt à les transformer en autant d'anomalies. Si l'on supposait, par exemple, que l'incidence de r sur r′ des deux côtés de g (*fig.* 4) fût exactement de 143^{d} 10′, comme l'indique M. Phillips, les deux côtés adjacens à l'angle droit dans le triangle mensurateur, seraient entre eux, en se bornant de part et d'autre à 5 chiffres, comme 94878 : 31593, et les nombres correspondans de rangées soustraites suivraient le même rapport. Substituez à ces deux séries, les nombres 3 et 1 auxquels elles sont à-peu-près proportionnelles, et vous avez une loi simple, qui est celle de la nature. Cet exemple fait voir combien il importe aux progrès des sciences que la théorie se joigne à l'observation, pour la régulariser, pour faire disparaître les défauts de liaison qu'elle laisserait entre ses résultats, si elle restait abandonnée à elle-même, et pour en composer un ensemble dont toutes les parties soient en harmonie les unes avec les autres.

Plomb sulfaté.

La description que je vais donner des cristaux de plomb sulfaté, a été amenée par des observations que j'ai faites depuis la publication de mon tableau comparatif. L'examen des nouveaux cristaux qui m'ont été envoyés d'Angleterre, pendant cet intervalle, m'a fait reconnaître une erreur considérable qui s'était glissée dans mon ancienne détermination (1). Mais les observations les plus décisives à cet égard, sont

(1) Cette erreur, qui est d'environ 8^{d}, provenait de ce qu'à l'époque de ma détermination, où les cristaux de plomb sulfaté étaient ici d'une extrême rareté, je m'étais servi, pour mesurer les angles primitifs, d'un petit fragment où les joints naturels,

venues de ceux que renfermait un envoi très-intéressant qui m'a été adressé de Wolfach, par M. Selb, premier conseiller des mines du grand duc de Bade et directeur des mines du prince de Furstemberg. Ces cristaux, qui sont diaphanes, réunissent à un volume considérable une forme nettement prononcée, dont toutes les faces sont exactement de niveau; et la satisfaction d'en être redevable aux bontés d'un savant si justement célèbre a doublé le prix que leur donnent à mes yeux et leur perfection et l'heureuse influence qu'ont eue sur les résultats de mon travail les observations dont ils ont été le sujet.

J'ai continué d'adopter pour type de l'espèce dont il s'agit, l'octaèdre rectangulaire, que m'avait indiqué la division mécanique. Mais j'en ai changé les dimensions conformément aux nouvelles mesures prises avec tout le soin possible, à l'aide du goniomètre ordinaire. Soit ss' (*fig.* 7) l'octaèdre dont il s'agit, si je mène l'axe cs de la pyramide, ensuite cr et ct l'une perpendiculaire sur kx, l'autre sur ct, puis rs et ts, l'angle src mesurera la moitié de l'incidence de P sur P''' (*fig.* 8.), et l'angle stc (*fig.* 7.) la moitié de l'incidence de P'' sur P'. Or, en faisant cr : cs (*fig.* 1.) comme $\sqrt{13}$: $\sqrt{8}$, et ct : cs :: $\sqrt{2}$: $\sqrt{3}$ (1) je trouve 76$^{d.}$ 12' pour la première incidence, et 101$^{d.}$ 32' pour la seconde. Dans la même hypothèse, l'incidence de P sur P'' (*fig.* 8.) = 119$^{d.}$ 51'.

mis à découvert par la division mécanique, avaient un tissu inégal, capable de faire illusion sur leurs véritables inclinaisons respectives.

(1) Si l'on veut mettre les deux rapports sous la forme où ils auraient la ligne cs pour terme commun, on fera cs = $\sqrt{24}$, ct = $\sqrt{16}$, cr = $\sqrt{39}$.

Le co-sinus de l'angle qui mesure l'incidence de la face nsx (*fig.* 7.) sur la face ksh, située du côté opposé dans la même pyramide, est $\frac{1}{5}$ du rayon, et celui de l'angle qui mesure l'incidence de ksx sur ks′x en est les $\frac{5}{21}$, en sorte que si l'on représente le premier co-sinus par $\frac{4}{20}$, il suffira d'ajouter une unité à chacun des termes de la fraction, pour avoir l'expression de l'autre co-sinus.

M. Phillips a trouvé pour l'inclinaison de P sur P‴ (*fig.* 8.) le même angle de $76^d\ 12'$, que celui qui résulte de ma détermination. Mais il indique $101^d\ 20'$ au lieu de $101^d\ 32'$, pour l'incidence de P″ sur P′, ce qui fait une différence de 12′. Celle de P sur P″, qui se déduit des précédentes, serait égale à $119^d\ 54'$, dont la différence avec celle que j'ai obtenue n'est que de 3′. Le rapport entre et et cs, qui conduit à l'incidence de P″ sur P, telle que la donne M. Phillips, est celui de $\sqrt{100}$ à $\sqrt{149}$. Il en est de ce rapport comme de ceux que j'ai cités dans les deux articles précédens, c'est-à-dire, qu'il suffit de modifier légèrement un des deux termes pour avoir mon rapport. Dans le cas présent, si l'on ajoute une unité au chiffre 9 du second rapport, on a $\sqrt{100} : \sqrt{150}$, ou $\sqrt{2} : \sqrt{3}$ comme dans ma détermination.

D'après le rapport $\sqrt{100}$ à $\sqrt{149}$, le co-sinus de l'angle qui mesure l'incidence de nsx (*fig.* 7.) sur ksh est les $\frac{49}{249}$ du rayon, au lieu d'en être le $\frac{1}{5}$, ce qui offre une sorte de discordance entre les deux rapports, qui sont liés l'un à l'autre dans ma détermination. Si cette dernière n'est pas la véritable, il faut convenir du moins qu'elle est plus satisfaisante pour l'esprit.

Le plus volumineux des cristaux qui m'ont été envoyés par M. Selb, et que représente la figure 9, offre des faces s, l, que je n'ai observées sur aucun des cristaux d'Angleterre; c'est ce qui m'engage à donner ici la description complète de la variété à laquelle appartient ce cristal, et que je nomme *déci-sexdécimale*.

Mais je dois prévenir que pour des raisons dont l'exposé m'entraînerait trop loin de mon sujet, j'ai adopté relativement à toutes les formes secondaires, qui ont pour noyau un octaèdre, la méthode qui se trouve indiquée dans mon Traité (t. I, p. 464 et s.) pour celles qui dérivent de l'octaèdre régulier. Elle consiste à transformer l'octaèdre en parallélipipède, par l'addition de deux tétraèdres semblables à ceux que donne la division mécanique sur deux faces opposées de cet octaèdre, et à considérer les décroissemens d'où dépendent les faces secondaires, comme ayant lieu sur les bords ou sur les angles du parallélipipède, par des soustractions d'une ou plusieurs rangées de petits parallélipipèdes de la même forme. Le parallélipipède substitué à l'octaèdre dans le cas présent, et que l'on voit (*fig.* 10), résulte de l'application de deux tétraèdres sur la face P′ (*fig.* 8) et sur son opposée. D'après cette manière de voir, le signe représentatif de la variété dont il s'agit est $\underset{P}{P}\;\underset{S}{\overset{4}{E}}\;\underset{l}{\left({}^{\frac{4}{1}}E\,\overset{3}{B}\,\overset{1}{D}\right)}\;\underset{o}{\underset{2}{A}}$.

Les décroissemens qui donnent les faces l, s, (*fig.* 9.) ont entre eux un tel rapport, que les intersections γ, γ, des premières avec S et P″, sont exactement parallèles.

Voici la mesure des divers angles qui résulte de ma détermination :

Incidence de	P	sur P‴,	76$^{d.}$ 12′.
	P″	sur P′,	101$^{d.}$ 32′.
	P	sur P″,	119$^{d.}$ 51′.
	P	sur o,	141$^{d.}$ 54′.
	P″	sur o,	129$^{d.}$ 14′.
	P	sur s,	154$^{d.}$ 17′.
	P″	sur s,	141$^{d.}$ 40′.
	l	sur P″,	155$^{d.}$ 15′.
	l	sur s,	166$^{d.}$ 25′.
	l	sur o,	135$^{d.}$ 55′.

Avant d'en venir aux conséquences qui découlent de tout ce qui précède, je dois exposer la méthode que j'ai suivie, pour déduire de l'observation les données qui m'ont servi à résoudre les problèmes relatifs à la détermination des formes cristallines. Les quantités composantes des formules, qui représentent généralement les côtés des triangles que j'appelle *mensurateurs*, expriment certaines lignes que l'on peut concevoir tracées sur la surface des solides primitifs, ou menées dans leur intérieur, telles que les diagonales des faces, les axes, les lignes menées perpendiculairement sur ces axes, soit du centre des faces, soit des angles solides. Si la formule se rapporte, par exemple, à un rhomboïde, elle renfermera les expressions g et p des moitiés de la diagonale horizontale et de l'oblique de chaque rhombe, l'expression a de l'axe, et celle de la mesure du décroissement à déterminer, ou du nombre de rangées soustraites que l'on désigne par n. Cette dernière expression est toujours simple, ou du moins ne s'écarte de la simplicité que jusqu'à un degré peu reculé. A

l'égard des autres expressions, elles sont également simples dans les formes qui ont un caractère particulier de symétrie et de régularité, où de plus elles dérivent immédiatement de ces formes. Ainsi, dans le rhomboïde qui représente la molécule soustractive du dodécaèdre rhomboïdal, le rapport entre les demi-diagonales de chaque rhombe est celui de $\sqrt{2}$ à 1; ce rapport est aussi celui qui a lieu entre la perpendiculaire menée du milieu de chaque face sur l'axe, et la partie de cet axe qu'elle intercepte. Dans le rhomboïde que je considère comme la molécule soustractive de l'octaèdre régulier, le premier rapport est celui de 1 à $\sqrt{3}$, et le second celui de 1 à $\sqrt{8}$. Dans le cube il y a égalité entre les deux termes du premier rapport, et le second est celui de 1 à $\sqrt{2}$. Le co-sinus, soit du petit angle plan, soit de la plus petite incidence des faces, a cela de remarquable que son rapport avec le rayon est rationnel; et pour me borner ici à celui qui concerne l'incidence des faces, il est la moitié du rayon dans le rhomboïde du grenat, il en est le tiers dans celui qui appartient à l'octaèdre régulier, et dans le cube il devient zéro.

Une partie des lois de décroissemens d'où dépendent les variétés secondaires relatives aux formes dont il s'agit, sont dans le même cas que les rapports entre les dimensions de ces formes, c'est-à-dire que leur mesure est censée être donnée *à priori*. Ainsi le passage du cube au dodécaèdre rhomboïdal, que présente l'aplome, celui du même solide à l'octaèdre régulier, qui a lieu dans le fer sulfuré, et celui de ce dernier solide aux deux précédens, dont la chaux fluatée offre

des exemples, se font évidemment en vertu d'un décroissement par une rangée sur les bords ou sur les angles de la forme qui fait la fonction de primitive. La même considération s'applique au solide trapézoïdal, pris pour forme secondaire soit du cube, comme dans l'analcime, soit de l'octaèdre régulier, comme dans l'ammoniaque muriatée, soit du dodécaèdre rhomboïdal, comme dans le grenat. Lorsque la loi du décroissement n'est pas indiquée immédiatement par l'aspect de la forme, on peut la déterminer avec certitude d'après la raison de la plus grande simplicité. Ainsi, en mesurant, à l'aide du goniomètre ordinaire, l'inclinaison respective des pentagones du fer sulfuré dodécaèdre, à la rencontre de leurs bases, je trouve qu'elle approche beaucoup d'être égale à 127^{d}. De plus, le calcul m'apprend que dans l'hypothèse où le décroissement qui produit ces pentagones, aurait lieu par deux rangées en largeur sur les bords du cube primitif, qui leur servent de lignes de départ, l'inclinaison dont il s'agit serait de 126$^{d.}$ 52$'$ 12$''$; j'en conclus que cet angle est celui de la nature, et la théorie me donne la valeur exacte de cette petite différence de 7$'$ 48$''$, que l'instrument ne peut saisir.

Lorsque le célèbre Coulomb fit ses belles expériences, à l'aide desquelles il démontra que les forces électriques et magnétiques suivaient la raison inverse du carré de la distance, les expressions numériques de ces forces, déduites des moyens mécaniques qu'il employait pour les mesurer, ne représentaient jamais rigoureusement la loi à laquelle il supposait que ces mêmes forces étaient soumises; mais elles la touchaient de si

près, qu'il avait droit de rejeter la différence sur les petites erreurs inséparables de l'observation. Ainsi, dans une expérience relative au magnétisme, où la mesure des forces dépendait du carré du nombre d'oscillations que faisait en 60″ une aiguille aimantée suspendue librement, et placée successivement à deux distances du centre d'action d'un barreau aimanté, dont l'une était double de l'autre, il observa que les nombres d'oscillations correspondantes étaient l'un de 41, et l'autre de 24 et quelque chose. Or, pour que les carrés de ces nombres, déduction faite du carré de 15, qui représentait l'action du globe sur l'aiguille, fussent entre eux dans le rapport inverse du carré des distances, il fallait supposer que l'aiguille, dans sa seconde position, faisait 24 oscillations, plus $\frac{27}{100}$ à très-peu près. Le calcul donnait ainsi la valeur précise d'une correction que l'observation laissait dans le vague. Telle est, en général, la marche des sciences physiques, et nous sommes d'autant mieux fondés à regarder nos expériences comme décisives, lorsqu'elles ne donnent que de légères différences avec les résultats de nos théories, qu'on aurait plutôt lieu d'être surpris qu'elles n'en donnassent aucune.

Dans les espèces dont les formes primitives diffèrent plus ou moins de celles que j'ai citées, et que l'on peut regarder comme les limites de toutes les autres, les rapports entre les lignes qui entrent comme données dans la solution des problèmes, ne peuvent plus être déterminés qu'à l'aide de l'observation; mais il m'a semblé que ces formes s'assimilaient à leurs limites, en ce que les rapports dont il s'agit de-

vaient aussi être simples, ou du moins approcher jusqu'à un certain point de la simplicité.

La méthode que j'ai adoptée pour obtenir ces rapports sous la forme la plus avantageuse, consiste à représenter, par des quantités radicales, les deux termes qui les composent. Il en résulte que, parmi les formes primitives qui appartiennent aux différentes espèces, celles qui sont susceptibles d'être coupées dans un certain sens de manière que la section soit un rhombe, participent d'une propriété remarquable, dont jouissent les solides qui ont le caractère de limite, savoir que le co-sinus du petit angle du rhombe est un nombre rationnel. Divers prismes rhomboïdaux, dont la section est un parallélogramme obliquangle, dans lequel les côtés ne sont égaux que deux à deux, partagent la même propriété, par une suite de ce que la ligne menée de l'extrémité supérieure de l'arête sur laquelle naît leur base à l'extrémité inférieure de l'arête opposée, est perpendiculaire sur l'une et l'autre, ainsi que je l'ai expliqué dans mon *Mémoire sur la Loi de Symétrie* (1).

Les rapports dont il s'agit se montrent, par intervalles, dans la série de ceux que donnent les divers angles qui sous-divisent la circonférence. Ils ont lieu aux endroits où leurs nombres composans sont susceptibles d'être divisés par un facteur commun, qui abaisse leurs valeurs, et les dégage de la complication dans laquelle elles étaient enveloppées. Les intervalles qui séparent

---

(1) *Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*, tome I, page 206; et *Journal des Mines*, t. XXXVII, n°. 219.

ces rapports répondent à des différences dans les angles correspondans, qui varient plus ou moins, tantôt d'un quart de degré, tantôt d'un demi-degré ou davantage. Lorsque les cristaux sur lesquels on opère sont d'une forme peu prononcée, il est possible que l'on prenne pour le véritable rapport un de ceux dont il est voisin; et c'est ce qui a dû nécessairement m'arriver plus d'une fois, lorsque j'ai composé la partie géométrique de mon Traité. J'ai rectifié, ainsi que je l'ai déjà dit, une partie de mes anciennes déterminations, parmi lesquelles il en est plusieurs qui sont relatives à des mesures d'angles, prises par M. Phillips, dont elles se trouvent aujourd'hui beaucoup plus rapprochées.

En admettant donc que je sois parvenu, à l'égard de toutes les autres espèces, à des rapports où l'exactitude se concilie autant qu'il est possible avec la simplicité, comme il me semble que je l'ai fait en particulier pour le quarz, l'étain oxidé et le plomb sulfaté, je me crois fondé à dire que ces rapports suffisent pour déterminer, sans aucune équivoque, les lois de décroissement d'où dépendent les formes secondaires qui appartiennent à chaque espèce; car la différence qu'entraînerait dans les inclinaisons des faces la méprise qui ferait prendre une loi pour une autre, serait beaucoup plus grande que celle qui pourrait exister entre les angles primitifs donnés par le rapport que j'ai adopté, et ceux auxquels aurait conduit le goniomètre à réflexion. Il y a même dans les résultats qui dérivent des uns et des autres, une convergence digne d'être remarquée, et très-favorable à la théorie. Elle consiste en ce que les différences

entre les angles primitifs en déterminent de beaucoup plus petites dans les inclinaisons des faces secondaires, au point que quelquefois elles approchent du terme où elles s'évanouiraient. Je prendrai pour exemple les angles du rhomboïde primitif de la chaux carbonatée. Suivant les mesures de MM. Wollaston et Malus, l'angle que forme une face quelconque de ce rhomboïde avec une parallèle à l'axe, est de 134$^{d.}$ 37$'$, au lieu de 135$^{d.}$, que j'avais indiqués d'après la condition que, quand l'axe du rhomboïde était situé verticalement, chacune de ses faces fût également inclinée à un plan vertical et à un plan horizontal. En partant des deux mesures précédentes, on trouve, pour le grand angle que forment entre elles les faces du rhomboïde, d'une part 105$^{d.}$ 5$'$, et de l'autre 104$^{d.}$ 28$'$, ce qui fait une différence de 37$'$. Or, cette différence s'atténue en passant dans les résultats des décroissemens qui produisent les formes secondaires, de manière que dans le dodécaèdre métastastique, elle n'est plus que de 10$'$ et 4$'$ pour les deux inclinaisons respectives des faces situées vers un même sommet. Dans un autre dodécaèdre, qui résulte d'un décroissement dont l'exposant est $\frac{5}{4}$ sur les mêmes bords du rhomboïde primitif, elle se réduit à 2$'$ et 1$'$ 2$''$, et dans un troisième dodécaèdre produit en vertu d'un décroissement intermédiaire sur l'angle inférieur, et qui appartient à la variété que j'ai nommée *euthétique*, elle tombe à 1$'$ 50$''$ et 26$''$.

Or, il est évident que le goniomètre ordinaire, employé à vérifier ces divers résultats, est d'une précision qui peut passer pour rigoureuse. Les angles des cristaux de quarz, d'étain oxidé et de

plomb sulfaté, ont offert des convergences du même genre, quoique un peu moins sensibles.

J'ajoute que les formes des molécules intégrantes étant les types géométriques des espèces, les rapports que j'ai adoptés, ont, par une suite de leur simplicité, l'avantage d'offrir des conceptions nettes et faciles à saisir de ce qui caractérise ces types, et des lignes de démarcation qui s'en déduisent entre les diverses espèces, au lieu que l'esprit ne voit, pour ainsi dire, que d'une manière confuse, ces caractères distinctifs à travers les grands nombres qui les offusquent.

On saisit tout d'un coup et l'on conserve dans sa mémoire le résultat qui nous apprend que le co-sinus de la plus petite incidence des faces, dans le rhomboïde primitif du quarz, est un treizième du rayon; mais cet autre résultat, d'après lequel il en est les $\frac{93}{1250}$, n'entre pas aisément dans l'esprit, et ne dit rien à la mémoire.

J'ai avancé plus haut que les rapports entre les dimensions des solides primitifs, tels que je les ai adoptés, suffisaient pour déterminer, d'une manière non équivoque, les lois de décroissement d'où dérivent les formes secondaires. C'est ce que je vais rendre sensible, à l'aide d'un exemple que je tirerai des formes qui naissent des décroissemens sur les bords inférieurs D, D (*figure* 11), du rhomboïde primitif de la chaux carbonatée. Ce décroissement donne des dodécaèdres à triangles scalènes, plus ou moins allongés, que je représente en général par celui que l'on voit (*fig.* 12). Dans le cas de deux rangées soustraites, on a la variété métastatique, où l'incidence de N sur N est de 144$^{d.}$ 20′ 26″, celle de N sur N′ de 104$^{d.}$ 28′ 40″, et celle de N sur N″ de

133$^{d.}$ 26$'$. Parmi les autres dodécaèdres connus, celui qui approche le plus du précédent a pour signe $\overset{\frac{7}{4}}{D}$; cette loi donne

Pour l'incidence de N sur N, 139$^{d.}$ 52$'$ 50$''$,
Différence, 4$^{d.}$ 27$'$ 36$''$;
Pour celle de N sur N$'$, 106$^{d.}$ 13$'$ 30$''$,
Différence, 1$^{d.}$ 44$'$ 50$''$;
Et pour celle de N sur N$''$, 141$^{d.}$ 12$'$ 24$''$,
Différence, 7$^{d.}$ 46$'$ 24$''$;

d'où l'on voit qu'il est bien facile d'éviter la méprise qui ferait prendre ce dodécaèdre pour le métastatique.

Supposons un autre dodécaèdre beaucoup plus voisin de ce dernier, et dont le signe serait $\overset{\frac{15}{8}}{D}$., nous aurons pour l'incidence de N sur N, 142$^{d.}$ 13$'$ 22$''$, dont les différences avec les angles qui leur correspondent sur les deux dodécaèdres précédens sont de 2$^{d.}$ 7$'$ 4$''$ et de 2$^{d.}$ 20$'$ 32$''$;

Pour l'incidence de N sur N$'$, 105$^{d.}$ 15$'$ 14$''$;
Différences, 46$'$ 34$''$ et 58$'$ 16$''$,
Et pour celle de N sur N$''$, 137$^{d.}$ 5$'$ 56$''$;
Différences, 6$^{d.}$ 14$'$ 30$''$ et 4$^{d.}$ 6$'$ 28$''$.

On voit qu'il reste encore une certaine latitude pour les différences appréciables que pourraient donner d'autres dodécaèdres qui se rapprocheraient de plus en plus du métastatique, mais qui ne doivent être regardés que comme hypothétiques, parce que la loi dont ils dépendraient s'écarterait encore plus de la simplicité des lois ordinaires, que celle qui est représentée

par $\overset{\frac{15}{8}}{D}$, dont la possibilité peut déjà être révoquée en doute.

Je reviens aux mesures d'angles prises à l'aide du goniomètre à réflexion. M. Phillips avoue que cet instrument est très-délicat, et exige une grande attention dans le choix des cristaux que l'on se propose de soumettre à ses mesures. Il en cite un qui lui a donné successivement, pour l'inclinaison de deux de ses faces, $92^{d.}\,55'$ et $93^{d}\,20'$ ou même $93^{d.}\,25'$, ce qui fait une variation de $30'$. Il parle d'un autre genre de difficulté, qui provient des inégalités de la réflexion sur les diverses faces (1). Ayant entrepris de déterminer les angles des cristaux d'étain oxidé, il a dû avoir à sa disposition ce que le comté de Cornouailles offre de plus parfait en ce genre, et il a fourni lui-même la pierre de touche de ses résultats, en indiquant des mesures qui sont censées être données *à priori*, ou qui dépendent géométriquement les unes des autres. Nous avons vu que quelques-unes des différences qui l'avaient empêché d'être d'accord avec lui-même, étaient égales à celles qui existent entre les angles primitifs indiqués par son goniomètre, et ceux qui répondent à la limite que j'ai adoptée, et qu'il y en a même une qui s'étend beaucoup plus loin, savoir celle qui est de $26'$.

Sans oser prétendre que les rapports simples d'où dépendent ces sortes de limites soient les véritables rapports de la nature, comme m'ont paru le présumer des savans d'un mérite distingué, je pense du moins que les résultats qui

---

(1) Ouvrage cité. Note à la page 347.

viennent d'être cités ne suffisent pas pour démontrer le contraire. Mais je supposerai, si l'on veut, que le goniomètre à réflexion, manié avec toute l'habileté qu'il exige sur des cristaux dont la perfection ne laisse rien à désirer, donne des différences appréciables avec les angles relatifs aux rapports dont je viens de parler, et que ces différences aillent jusqu'à un demi-degré ou au-delà.

Pour rendre les nouveaux angles obtenus par ce moyen susceptibles d'être employés dans les applications de la théorie, il faut en déduire un rapport fixe entre leurs sinus et leurs co-sinus. Mais d'abord les angles dont il s'agit ne peuvent être que des à-peu-près; les mesures dont on les a conclus, n'ont qu'une précision indéfinie. De plus, en supposant que, dans l'évaluation de ces mesures, on néglige tout ce qui est au-delà d'une certaine quantité, telle que la minute ou la seconde, les nombres représentatifs des sinus et des co-sinus offriront toujours des séries de décimales qui n'auront point de terme; en sorte qu'il faudra encore y négliger quelque chose pour les soumettre au calcul. Dans ma manière d'opérer, le retour à un rapport simple, qui s'offre comme de lui-même, indique le point fixe où il faut s'arrêter; en sorte que si plusieurs observateurs se dirigent d'après la même règle, ils s'accorderont sur le choix du point fixe dont il s'agit. Si au contraire on suppose qu'ils partent des mesures prises avec divers instrumens qu'ils auront entre les mains, ils varieront nécessairement dans le choix de la limite à laquelle ils devront s'en tenir.

Ainsi les mesures d'angles qui ont été publiées,

quoique précieuses en elles-mêmes, ne sont jusqu'ici que des résultats d'observations pour ainsi dire isolées, qu'on ne s'est pas occupé de mettre sous la forme convenable, pour les faire servir à manier la théorie. C'est aux savans qui nous ont donné ces mesures à compléter leur ouvrage, en indiquant la manière d'en déduire des données fixes pour la solution des problèmes relatifs à la géométrie des cristaux. Mais ce que je crois pouvoir assurer, c'est que ces données ne feront autre chose que déplacer un peu le terme d'où la théorie devra partir, et que sans autre secours que celui du goniomètre ordinaire, elle a dès maintenant tout ce qu'il lui faut pour arriver par une route également sûre et facile à son but principal.

NOTE

Sur une explosion souterraine.

Le 8 juin 1817, jour de dimanche, sur les sept heures du soir, au moment où les mineurs allaient rentrer dans les travaux de la mine de houille de La Tour, commune de Firminy, département de la Loire, il s'est fait une explosion violente et inattendue, qui a blessé trois ouvriers et causé des dégradations considérables, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur. L'ingénieur des mines de l'arrondissement, M. Burdin, s'est transporté de suite sur les lieux pour dresser procès-verbal et faire son rapport à M. le préfet, suivant ce qui se pratique en pareil cas. Ce magistrat a pris un arrêté en vertu duquel il a été pourvu, par urgence, à la réparation des dommages et aux mesures de sûreté, sous la direction des ingénieurs des mines du département. Notre objet, dans cette note, n'est pas de décrire l'événement, mais d'en faire connaître quelques circonstances assez remarquables, qu'on lit dans le procès-verbal de M. Burdin.

La mine de La Tour a été jusqu'à présent exploitée à l'aide d'un seul puits, dont la profondeur est de 80 mètres (environ 250 pieds), et qui tombe sur le toit de la couche de houille en extraction (1). Antérieurement à l'événement, l'imperfection des moyens d'aërage et l'abondance du gaz hydrogène exigeaient qu'après chaque jour de repos, on fît descendre un ouvrier pour enflammer les portions de gaz dispersées dans les travaux, et prévenir ainsi toute espèce d'accident. Le 8 juin 1817, le nommé Bouin, piqueur, se trouva chargé de cette fonction; à peine a-t-il été sorti de la tonne qui l'avait descendu au fond du puits, que sa lumière s'est trouvée en contact avec un mélange très-volumineux et détonnant de gaz inflammable; l'explosion a eu lieu avec une extrême violence. Bouin, ren-

(1) Voyez la carte générale des mines de houille de la Loire, *Annales des Mines*, volume de 1816; la couche dont il s'agit fait partie du premier groupe et se trouve marquée de la lettre D. Le puits est placé près de La Tour, du côté du couchant : il a été commencé le 1er. août 1815, et il a atteint la houille en douze mois et demi.

versé sur place, froissé par la secousse et plongé en même temps au milieu de la flamme, a pu réunir assez de présence d'esprit et de forces pour se traîner jusqu'au puisard et s'y plonger. C'est là, que livré aux plus cruelles souffrances et à l'incertitude d'un prompt secours, il a attendu pendant plus d'une heure une délivrance qu'il provoquait par les cris du désespoir. On n'a pu le secourir plus tôt, l'effet de la détonnation ayant porté sur tous les objets qui garnissaient l'embouchure du puits; les tonnes, les câbles, les molettes, les boisages supérieurs et la toiture de la machine à manége avaient été lancés en l'air à une grande hauteur et dispersés. Ajoutons maintenant que le nommé Boquette, ouvrier, qui se trouvait à l'entrée du puits, avait été enlevé en même temps et jeté à une distance d'environ 100 mètres (300 pieds); mais étant tombé sur un pré marécageux, il n'a guère éprouvé d'autre mal que la secousse due au choc de l'air et la révolution occasionnée par la frayeur inséparable d'un déplacement aussi extraordinaire; quelques jours ont suffi pour son rétablissement. Le malheureux Bouin, au contraire, est mort au bout d'une quinzaine.

Il y a cela de remarquable dans l'effet physique de l'explosion, que l'ouvrier qui se trouvait près du foyer de l'incendie, dans la mine, n'a point été déplacé, tandis que celui qui était à l'orifice extérieur du puits, a été soulevé, pour ainsi dire, comme un projectile, et lancé à une très-grande distance, eu égard à son volume et à son poids.

Note des Rédacteurs.

Nous avons inséré, dans la 1re. livraison des *Annales des Mines* de 1818, page 17, l'extrait de deux mémoires sur les mines de houille et d'alun du département de l'Aveyron, transmis en 1816 à M. le directeur général des ponts et chaussés et des mines, par M. l'ingénieur Dubosc. Le premier de ces mémoires est entièrement l'ouvrage de M. l'ingénieur Gardien, et a été inséré, par erreur, sous le nom de M. Dubosc, qui, succédant à M. Gardien, dans le département de l'Aveyron, avait dû signer le travail de son prédécesseur, en l'envoyant à M. le directeur général comme pièce administrative, et qui nous prie aujourd'hui de réparer une erreur, dont il n'a eu connaissance qu'en recevant les *Annales des Mines*; l'extrait des deux mémoires ayant été fait et imprimé sans la participation de leurs auteurs.

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LE SECOND TRIMESTRE DE 1818.

ORDONNANCE du 15 avril 1818, qui autorise le sieur Claude Richard *à construire un patouillet, pour le lavage des minerais de fer, sur le ruisseau de Bonneveau, commune de Bretenay, département de la Haute-Marne.* **Patouillet pour le fer.**

ORDONNANCE du 6 mai 1818, portant concession des mines de houille de Rial, commune de Firmi, département de l'Aveyron. **Mines de houille de Rial.**

LOUIS, etc, etc., etc.

Sur le rapport de notre ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Notre conseil d'état entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Article Ier. Il est fait concession au sieur Fualdès des mines de houille de Rial, commune de Firmi, arrondissement de Ville-Franche, département de l'Aveyron, dans les limites ci-après; savoir: en partant du clocher de Firmi au Mas del Bosc, par une ligne droite du Mas del Bosc au Puech; de ce lieu, suivant la côte ou la ligne de partage des eaux qui règne au sommet de la montagne, formant séparation entre le vallon de Firmi et celui de Poux, jusqu'à la rencontre du chemin direct de Firmi à Aubin; de ce point, au hameau du Bac; par une ligne droite du hameau du Bac à celui de Boutigon; de ce dernier, à celui du Borrédan, puis au clocher de Firmi, point de départ.

Le tout formant une étendue d'un kilomètre carré, soixante et un hectares quatre-vingt onze ares, conformément aux plans ci-annexés.

Art. II. Le droit attribué aux propriétaires de la surface,

par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, est fixé à 10 centimes par chaque hectare de l'étendue de la concession.

Art. III. *Le sieur* Fualdès est passible, en vertu des articles 43 et [illegible] de cette loi, de tous dommages et intérêts ou indemnités envers les propriétaires du sol, pour les dégâts ou non jouissances qui seraient causés par l'exploitation des mines ou par l'écoulement des eaux de ses galeries.

Art. IV. Il est assujetti, suivant son consentement, à l'exécution du cahier des charges annexé à la présente ordonnance.

Art. V. Il payera à l'État les redevances fixes et proportionnelles, établies par la loi du 21 avril 1810.

Art. VI. Nos ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance.

Cahier des Charges à imposer à la concession des mines de houille de Rial, commune de Firmi.

Article Ier. L'exploitation du massif de houille, situé au-dessus de la galerie d'écoulement, aujourd'hui existante, continuera à avoir lieu d'après le mode actuel; mais ce mode sera régularisé, par l'exploitant, de manière à ce que les voies et tailles pratiquées dans la houille, soient disposées symétriquement, et qu'il reste dans les travaux une moins grande quantité de houille. Pour cette régularisation, le concessionnaire se conformera aux instructions qui lui seront données par l'Administration des Mines; il en sera de même, en cas de changement reconnu dans le gîte de la houille, qui nécessiterait un changement dans le mode d'exploitation.

Art. II. Lorsque l'ingénieur des mines du département aura constaté que le champ d'exploitation actuel n'offrira plus de ressources que pour dix années, le concessionnaire sera tenu de percer, s'il ne l'a déjà fait, la galerie d'écoulement, de [illegible] mètres de longueur, tracée sur les plans, N^os^. [illegible]. Cette galerie débouchera en D sur le bord du ruisseau de Firmi, et aboutira au fond du puits P, actuellement existant, lequel sera à cet effet approfondi de 20 mètres. La galerie d'écoulement ne pourra avoir moins de 2 mètres de hauteur sur 1 mètre de large.

Art. III. L'exploitation du massif, situé au-dessous de cette

galerie d'écoulement et au-dessous du niveau actuel des ouvrages, aura lieu d'après un mode régulier de travaux qui sera prescrit par l'Administration des Mines. Le concessionnaire ne pourra, dans aucun cas, porter son exploitation au-dessous de la galerie, sans que le mode de ces travaux inférieurs ait aussi été arrêté par l'Administration.

Art. IV. Dans tous les cas, le concessionnaire sera tenu d'exploiter de manière à ne pas compromettre la sûreté des ouvriers, la conservation des mines et les besoins des consommateurs. Il se conformera en conséquence, pour les précautions à prendre à cet égard, aux instructions des ingénieurs des mines du département, d'après les observations auxquelles la visite et la surveillance des mines pourront donner lieu.

Art. V. Dans le cas où il serait reconnu que le concessionnaire ou ses agens ne posséderaient pas les facultés nécessaires à la conduite des travaux d'exploitation, voulues par l'article 14 de la loi du 21 avril 1810, le concessionnaire sera tenu de prendre un maître mineur instruit, dont la capacité sera reconnue par l'Administration des Mines.

Art. VI. Dans l'année qui suivra l'octroi de la concession, le concessionnaire adressera au préfet les plans et coupes des travaux intérieurs de son exploitation, dressés sur l'échelle d'un millimètre pour mètre, et divisés en carreaux de 10 en 10 millimètres; chaque année, dans le courant de janvier, il fournira de la même manière les plans et coupes analogues des parties des travaux exécutées dans la campagne précédente, pour être rattachés au plan général, après vérification faite par l'ingénieur. En cas d'inexécution de cette mesure ou d'inexactitude reconnue des plans, ils seront levés et dressés d'office aux frais du concessionnaire.

Art. VII. En exécution des décrets du 18 novembre 1810 et 3 janvier 1813, le concessionnaire tiendra constamment en ordre: 1°. un registre et un plan constatant l'avancement journalier des travaux et les circonstances de l'exploitation, dont il sera utile de conserver le souvenir; 2°. un registre de contrôle journalier pour les ouvriers employés, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur des travaux; 3°. un registre d'extraction et de vente. Il adressera en outre au préfet, tous les ans, et au directeur général des mines, toutes les fois qu'il le demandera, l'état de ses ouvriers, l'état des produits en nature de son exploitation et l'état des matériaux employés,

Taillanderie de Galaure.

Ordonnance du 13 *mai* 1818, *qui autorise le sieur* Pierre Miolan *à conserver et à maintenir en activité la taillanderie établie sur le torrent de Galaure, commune de Grand-Serre, département de la Drôme.*

Aciérie de Galaure.

Ordonnance du 13 *mai* 1818, *qui autorise le sieur* Joseph Quincier *à conserver et à tenir en activité l'aciérie établie sur le torrent de Galaure, commune de Grand-Serre, département de la Drôme.*

DESCRIPTION

De la CRAITONITE, *et comparaison de ses caractères avec ceux de* l'HELVIN;

PAR M. LOUIS CORDIER, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines.

EN décrivant l'helvin, dans la 1re. livraison des *Annales des Mines* de 1818, page 8, j'ai indiqué sommairement les caractères qui distinguent ce minéral des espèces déjà connues; mais je me suis abstenu de le comparer à une substance que M. Haüy vient d'admettre tout récemment dans sa Méthode, la Craitonite. Je manquais d'échantillons assez chargés de cette substance, encore rare et précieuse, pour qu'il me fût possible d'en sacrifier quelques cristaux à des épreuves; m'en étant procuré, je vais réparer une lacune qui me laissait des regrets.

On doit la connaissance de la craitonite à M. le comte de Bournon. Ce savant minéralogiste en avait fait la découverte en 1788; mais il y a peu d'années qu'il s'est décidé à mettre au jour ses observations; on les trouve consignées dans *le Catalogue de sa collection*, publié par lui-même en 1813 : ouvrage qui, sous un titre modeste, ne laisse pas que d'être très-remarquable et très-profond. Le nom de *craitonite* est un hommage rendu, par M. de Bournon, à

un minéralogiste de ses amis, M. Crichton (nom qui se prononce *Craiton* en anglais), médecin de l'empereur de Russie.

Le peu de volume des variétés de craitonite que nous connaissons, ne permet guère de déterminer la pesanteur spécifique, l'action électrique et le pouvoir réfractif de cette substance; mais la connaissance des autres caractères a été fort avancée par M. de Bournon. Je vais rappeler ses observations, en y intercalant celles qui me sont propres.

La craitonite a été découverte dans des cavités de filons stériles, au milieu des roches primitives des Hautes-Alpes du département de l'Isère, près du bourg d'Oisans. Ces filons, principalement composés de feldspath blanc et de quarz d'un blanc grisâtre, renferment aussi de la chlorite, et servent de matrice à l'anatase (ou titane oxidé octaèdre).

On ne connaît encore la craitonite que cristallisée; elle se présente sous formes dérivées tantôt d'un rhomboïde très-aigu, et tantôt d'un rhomboïde très-obtus; ce qui donne lieu à deux physionomies assez différentes.

Les cristaux sont très-petits; ceux de forme allongée ont 3 à 6 millimètres dans le sens de leur plus grande dimension : le diamètre de ceux qui offrent une forme aplatie est un peu moins considérable, et ils n'ont souvent pas un demi-millimètre d'épaisseur.

Les uns et les autres sont disséminés en petit nombre à la surface de leur gangue, et rarement

à l'intérieur. La variété aplatie se groupe parfois en rose, ou s'échafaude en chou-fleur, à la manière du fer oligiste écailleux; le volume de ces groupemens n'excède pas un centimètre en tous sens.

La couleur des cristaux varie du gris d'acier au brun noirâtre.

Ils sont parfaitement opaques.

Leurs angles et leurs arêtes sont nets; les faces se montrent lisses et unies, excepté dans les variétés très-obtuses dont les plans sont communément striés.

Leur éclat est vif et demi-métallique; mais il s'affaiblit quelquefois, et les surfaces présentent alors l'aspect des substances pierreuses ordinaires.

Il ne m'a pas été possible, non plus qu'à M. de Bournon, de déterminer la pesanteur spécifique. D'après une épreuve grossière, faite comme pour l'helvin, je ne présume pas qu'elle soit au-dessous de 3.

La craitonite n'attire point le barreau aimanté.

Elle est maigre au toucher.

Sa dureté est médiocre; les angles les plus vifs ne mordent pas sur le verre, et rayent à peine la chaux fluatée.

Elle est aigre et facile à casser.

La cassure ne m'a offert aucun indice de lame, ce qui laisse les dimensions de la forme primitive indéterminées. J'ai vainement cherché le sens de clivage, que M. de Bournon dit avoir

observé perpendiculairement à l'axe des cristaux; s'il existe, il m'a complétement échappé, même en empruntant le secours d'une vive lumière employée au milieu de l'obscurité.

La surface de la cassure m'a paru dans tous les sens inégale, passant à la conchoïde.

L'éclat de cette cassure est assez vif, tantôt demi-métallique, tantôt intermédiaire entre l'éclat vitreux et l'éclat adamantin.

Les fragmens sont irréguliers, offrant des angles obtus et des arêtes non tranchantes.

Ils se réduisent facilement en poudre, croquant faiblement sous le pilon.

Cette poudre est très-médiocrement rude au toucher, sa couleur est le noir brunâtre; elle tache fortement le papier d'une couleur semblable.

Au feu du chalumeau, la craitonite fond tranquillement en un émail d'un gris noirâtre métalloïde; la surface brillante du bouton se montre parsemée de petits globules ayant la même couleur. La poussière de l'émail est légèrement attirable au barreau aimanté. La variété rhomboïdale aiguë est un peu plus réfractaire que l'autre, ce qui tend à expliquer pourquoi M. de Bournon a cru reconnaître que la craitonite était infusible. Cette substance se dissout d'ailleurs, en bouillonnant, dans le verre de borax, et le colore en brun verdâtre; elle se dissout aussi dans le carbonate de soude, et lui communique une couleur noire opaque.

La petitesse des cristaux de craitonite em-

pêche qu'on ne puisse en mesurer les angles d'une manière satisfaisante. La rare dextérité de M. de Bournon a cependant vaincu les premières difficultés de ce travail; il en est résulté une détermination approximative de six variétés de forme auxquelles j'en joindrai deux nouvelles. Voici l'énumération de ces variétés :

PREMIÈRE VARIÉTÉ : *Basée*. Elle offre un rhomboïde très-aigu, ayant ses faces respectivement inclinées d'environ 18d. et 162d., et dont les deux sommets sont tronqués perpendiculairement à l'axe par une facette triangulaire équilatérale qui sert en quelque sorte de base.

2e. VARIÉTÉ : *Émarginée*. La variété précédente, tronquée sur les arêtes tendantes aux sommets; les deux bases équilatérales deviennent hexagones. Les six nouvelles facettes, considérées seules et prolongées, donneraient un rhomboïde médiocrement aigu. Je trouve que leur incidence sur la face adjacente est d'environ 105d. ½.

3e. VARIÉTÉ : *Épointée*. La variété première tronquée aux trois angles des bases, les six nouvelles faces s'inclinent d'environ 126d. sur la base adjacente, dont le contour est devenu hexagonal; prolongées, elles produiraient un rhomboïde légèrement obtus et très-approchant du cube. Je n'ai pas besoin de faire remarquer que *la loi de symétrie* rend le cube impossible parmi les variétés de la craitonite.

4e. VARIÉTÉ : *Annulaire*. La variété première portant une troncature sur chaque arête des bases équilatérales. Cette forme a une physio-

nomie analogue à celle de la chaux carbonatée hyperoxide, représentée dans le grand Traité de M. Haüy (*Planche XXV, fig.* 30). L'incidence des six nouvelles faces, sur la base adjacente, est d'environ 130$^{d.}$; prolongées, elles donneraient un rhomboïde médiocrement obtus.

5e. Variété : *Bisépointée.* Elle se compose de la variété première offrant chaque angle des bases tronqué de biais par deux facettes triangulaires scalènes, lesquelles s'inclinent d'environ 120$^{d.}$ sur le pan adjacent du rhomboïde. L'addition de ces facettes rend chaque base ennéagone; prolongées, elles produiraient un dodécaèdre bipyramidal à triangles scalènes, dans le genre du métastatique de la chaux carbonatée.

6e. Variété : *Quadri-épointée.* Elle se compose de la variété précédente portant douze nouvelles facettes triangulaires plagièdres, lesquelles naissent deux à deux au-dessous de celles qui interceptent déjà les angles des bases; ces dernières facettes deviennent des trapèzes. Chacune des nouvelles facettes fait avec le pan adjacent du rhomboïde un angle d'environ 125$^{d.}$; leur prolongement donnerait lieu à un dodécaèdre bipyramidal à plans scalènes, très-aigu.

7e. Variété : *Comprimée.* En rhomboïde très-obtus, basé, dont les faces paraissent respectivement inclinées d'environ 150$^{d.}$ et 30$^{d.}$ On observe des stries parallèlement à la grande diagonale, ce qui annonce que la forme est produite par un décroissement sur l'angle supérieur du rhomboïde primitif quel qu'il soit. Les bases triangulaires acquièrent ordinairement beaucoup d'é-

tendue, et interceptent par-là une grande partie de l'épaisseur de cette variété. Les cristaux prennent alors l'apparence écailleuse dont nous avons parlé : il en est de même dans la variété suivante.

8e. Variété : *Surcomposée*. La variété précédente bordée et épointée sur les arêtes inférieures et les angles inférieurs par un grand nombre de facettes indéterminables, mais qui probablement appartiennent à plusieurs des six premières variétés.

La petitesse des cristaux ne permettant pas de mesurer les angles avec exactitude, et l'absence de clivage laissant dans une indécision complète relativement au choix des dimensions de la forme primitive, je n'ai pas cru devoir faire même un choix provisoire, ni chercher à déterminer, au moyen de la théorie des décroissemens, les rapports qui doivent lier les différentes modifications de forme ci-dessus décrites. Les mesures d'angles auraient pris un caractère de précision trop hasardé, eu égard à l'incertitude des observations faites *à priori*. Quelque imparfaites au reste que soient ces observations, elles nous apprennent un fait que *la loi de symétrie* rend incontestable; c'est que la forme primitive de la craitonite est nécessairement un rhomboïde.

Cette notion générale suffit pour faire ressortir un premier trait d'analogie entre la craitonite et l'helvin. En effet, l'helvin figure parmi ce petit nombre de substances minérales qui affectent une forme primitive rhomboïdale; il est vrai que les

dimensions de sa forme particulière n'ont pu encore être déterminées; mais ses cristaux n'en sont pas moins susceptibles d'être comparés à ceux de la craitonite. Ces cristaux, doués d'une simplicité uniforme, consistent en un rhomboïde aigu basé, dont les faces sont respectivement inclinées d'à-peu-près 112$^{d.}$ et 68$^{d.}$ (1), et dans lequel l'incidence de chaque base, sur un des pans adjacens, paraît être assez exactement de 105$^{d.}$ $\frac{1}{2}$. Or, parmi les cinq rhomboïdes qui figurent dans les variétés de craitonite, il en est un, celui de l'*émarginée*, qui doit avoir précisément les mêmes dimensions; que ce rhomboïde soit forme secondaire dans les deux substances, ou qu'il y joue le rôle de forme primitive, sa communauté n'en est pas moins très-digne de remarque. On sera bientôt porté à croire que ce n'est point ici une analogie de rencontre, si on veut mettre en parallèle les autres principaux caractères des deux substances.

On verra en effet, sans que j'aie besoin d'en reproduire le détail, qu'elles offrent des ressemblances frappantes par l'identité de pesanteur, le degré de dureté, les modifications de la cassure, l'absence de clivage et de magnétisme, le peu d'aridité de la poussière, sa propriété tachante, quoique avec des couleurs un peu différentes, les phénomènes de fusion, et en particulier celui du très-faible magnétisme de l'émail obtenu

(1) On a imprimé, dans mon article sur l'helvin, que les angles plans du rhomboïde sont de 72$^{d.}$ et 108$^{d.}$ C'est une faute; il faut lire que les faces sont respectivement inclinées d'environ 112$^{d.}$ et 68$^{d.}$

sans addition; ressemblances qui prennent un degré d'importance d'autant plus marqué, que la forme primitive des espèces déjà connues, auxquelles on serait tenté de rapporter, au premier aperçu, soit l'helvin, soit la craitonite, s'éloigne complétement du rhomboïde. On remarquera en outre que les deux substances doivent posséder la propriété de la double réfraction; c'est du moins ce que la structure rhomboïdale peut faire présumer avec beaucoup de probabilités. Si on s'en tient à ce qui est connu, on conviendra que si ces substances présentaient les mêmes couleurs et le même éclat, on n'aurait vraiment aucune raison plausible pour ne pas les réunir. Les différences tiennent donc à quelques propriétés de nature variable, et auxquelles les minéralogistes de l'École française accordent bien peu de poids lorsqu'il s'agit d'instituer une espèce. On jugera mieux de l'importance de ces propriétés, dans le cas dont il s'agit, si on veut se rappeler que plusieurs substances minérales, telles que l'argent antimonié sulfuré et les deux oxides de titane, offrent indifféremment l'éclat métallique et l'éclat vitreux, et que d'autres substances présentent, dans leurs variétés, les teintes les plus disparates et les plus trompeuses: telle est, par exemple, la tourmaline, qu'on voit passer du noir opaque au brun translucide, et de là à de belles nuances de brun rougeâtre, de rouge, de vert ou de bleu, accompagnées de plus ou moins de transparence, et se montrer même sans couleur et d'une limpidité parfaite. Ainsi, il n'y aurait rien d'étonnant à ce que l'helvin du bourg d'Oisans (en sup-

posant que la craitonite dût porter ce nom) fût noir ou d'un brun noirâtre, au lieu d'être d'un brun jaunâtre ou d'un jaune serin, comme celui de Saxe; à ce qu'il fût opaque au lieu d'être un peu translucide, et à ce que son éclat approchât sensiblement de l'éclat métallique.

Malgré la force de ces considérations, je ne m'avancerai point à donner une conclusion définitive; je me contenterai de dire que, dans l'état de nos connaissances sur l'helvin et la craitonite, il y a beaucoup plus de motifs pour réunir ces deux substances en une seule espèce, que pour en faire deux espèces nouvelles.

Dans tous les cas, les bases du rapprochement méritent d'être pesées par les minéralogistes. M. Haüy nous a prouvé, et nous prouve tous les jours combien il faut être réservé dans l'adoption de nouvelles espèces. Sa doctrine, en nous apprenant à serrer les rangs, a placé la science dans une direction plus philosophique et plus satisfaisante; mais les applications de cette doctrine réclament une main sûre et exercée. De là vient sans doute qu'un assez grand nombre de questions, du genre de celle qui nous occupe, sont encore en suspens. Il faut espérer que nous en trouverons des solutions décisives dans la seconde édition du grand Traité de M. Haüy. Ses jugemens sont attendus avec impatience; ils ne formeront pas la partie la moins intéressante d'un ouvrage que l'infatigable génie de son auteur a su rendre presque entièrement neuf à tous égards, et dont la publication prochaine doit, à plus juste titre encore que celle de

la première édition, marquer une époque à jamais mémorable dans l'histoire de la science.

Je reviens au rapprochement qui fait le principal objet de ce mémoire. En cas de confirmation, il me semble que ce serait à l'helvin à perdre son nom, et qu'il faudrait conserver, pour l'espèce formée des deux substances réunies, celui de craitonite. Cette espèce d'hommage serait à l'adresse de M. de Bournon comme à celle de M. Crichton.

Je terminerai en faisant observer qu'il ne serait pas aisé, du moins à l'aide des variétés de craitonite et d'helvin découvertes jusqu'à ce moment, de produire de nouvelles considérations minéralogiques propres à jeter une grande lumière sur l'exactitude du rapprochement que je viens d'indiquer. On s'épargnerait des recherches trop difficiles, en s'adressant dès à présent à la chimie. Sa sanction ou sa désapprobation serait ici d'un grand poids, puisqu'il s'agit de substances ayant un trop petit volume pour se prêter à un examen minéralogique qui ne laisse rien à désirer. M. Wollaston, en opérant sur un petit fragment de craitonite, a été assez habile pour y rereconnaître la présence de la zircone unie en proportion dominante avec du fer, du manganèse et de la silice. Le résultat de cet essai, rapporté par M. de Bournon, a dû paraître fort intéressant; il est indispensable que les chimistes, qui s'exérceront sur l'helvin, en aient connaissance, et puissent même le répéter. On ne saurait trop le dire, car c'est le fruit d'une expérience déjà aussi longue qu'incontestable : pour

un grand nombre d'espèces minérales, sur-tout celles de composition complexe, nous n'avons d'analyses chimiques, qui soient rigoureusement comparables, que celles qui ont été faites à l'aide des mêmes formules, par la même main et avec les mêmes vues. Qu'on supprime une de ces conditions, on voit aussitôt varier les résultats trouvés par les hommes les plus habiles, quoiqu'ils aient opéré sur des individus qu'on devait regarder comme parfaitement identiques, à en juger du moins d'après le témoignage unanime de leurs caractères minéralogiques; témoignage d'un bien grand poids, puisqu'il est toujours direct.

ANALYSE

Des principaux produits de la fabrication du laiton au moyen de la calamine et de la blende;

PAR M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

PENDANT mon séjour à Jemmape, j'ai fait une collection de tous les matériaux qu'on emploie dans l'usine, et des divers produits de la fabrication. Ces matériaux et ces produits ont été analysés, avec tout le soin possible, par les élèves des Mines, dans le laboratoire de l'école. MM. Thibaut et Dufresnoy, actuellement aspirans, se sont principalement occupés de ce travail : la manière dont ils ont opéré ne permet pas de douter de la parfaite exactitude des résultats qu'ils ont obtenus.

Les analyses que je vais rapporter termineront ce qu'il a été jugé utile d'insérer dans ce recueil, relativement à la fabrication du laiton, soit avec la calamine, soit avec la blende (1). Elles serviront, comme on le verra, à éclaircir plusieurs points importans de la théorie de l'art.

A Jemmape, lorsqu'on fabrique le laiton par la méthode ordinaire, on emploie de la calamine de la Vieille-Montagne, de la cadmie des hauts fourneaux, nommée *kiess* par les ouvriers, du

(1) *Annales des Mines*, t. III, pages 65, 227, 345 et 377.

cuivre rosette de Drontheim et des mitrailles jaunes; on obtient deux espèces de laiton, des sables et des grenailles de lavage. Dans les essais en grand, faits avec la blende, on a employé de la blende de Pontpéan, du cuivre de Drontheim et des mitrailles, et on a obtenu du laiton en planche, des sables et des grenailles de lavage.

Fabrication du laiton avec la calamine.

Calamine. On sait que la calamine de la Vieille-Montagne est formée, par l'union intime et en proportions variables, de zinc oxidé silicifère, de zinc carbonaté et d'un peu de fer carbonaté (*Journal des Mines, t. XXVIII, p.* 341); en outre, elle est presque toujours souillée d'un mélange mécanique de sable plus ou moins argileux, souvent coloré par de l'oxide de fer. On vend le minerai tout grillé : le grillage lui fait perdre de l'eau et de l'acide carbonique. Il y a un grand choix dans la qualité : on conçoit, en effet, qu'elle doit produire d'autant plus de zinc qu'elle renferme moins de sable et qu'elle est mieux grillée. Comme l'oxide silicifère ne se réduit pas à la température des fours à laiton, le minerai devrait avoir aussi d'autant moins de valeur qu'il contient plus de cette substance. J'ai fait choisir, par les ouvriers, dans le magasin de Jemmape, de la calamine mal grillée et de la calamine qu'ils regardaient comme étant de la plus parfaite qualité, et j'ai recueilli un échantillon de la calamine blutée et toute prête à être mise dans les pots. L'analyse de ces trois variétés a donné :

	Calamine mal grillée.	Calamine de la meilleure qualité.	Calamine toute préparée.
Oxide de zinc.........	0,660	0,690	0,647
Oxide de fer..........	0,029	0,074	0,083
Eau et acide carbonique.	0,285	0,002	0,072
Silice et sable.........	0,026	0,220	0,195
	1,000	0,986	0,997

Point de chaux ni de magnésie.

Les acides forts attaquent complétement les calamines; le résidu est composé de sable et de silice combinée, et il est d'autant plus gélatineux que l'oxide silicifère est plus abondant. On avait espéré que l'acide acétique pourrait séparer le carbonate de zinc de l'oxide silicifère; mais, et quoique agissant lentement, il a fini par dissoudre tout l'oxide de zinc combiné, tant à l'acide carbonique qu'à la silice. Pour déterminer la proportion d'oxide silicifère contenu dans les deux premières variétés de calamine, on en a chauffé 50g. avec de la poussière de charbon, jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus de vapeur de zinc; on a grillé le résidu à l'air libre pour en séparer l'excès de charbon; on l'a pesé et on l'a analysé: le résidu de la calamine mal grillée pesait 7g. 4. Il a fait gelée avec les acides, et il contenait:

Silice.................	2g.,58
Oxide de zinc..........	2, 75
Oxide de fer...........	1, 44
	6, 77

C'était un mélange d'oxide de fer, d'oxide de zinc silicifère et d'un peu de sable. D'après cela, la proportion d'oxide silicifère doit s'élever à 0,07 environ dans la calamine mal grillée.

La calamine de première qualité a laissé un résidu de 16c.; mais ce résidu ne contenait qu'une trace de zinc, et n'a pas fait gelée avec les acides : ainsi, cette calamine, plus mélangée de sable que la précédente, ne renfermait pas sensiblement d'oxide silicifère. La suite fera voir que la calamine, toute préparée, en contient ordinairement beaucoup.

Kiess. On a trouvé, par l'analyse, dans le kiess tout préparé :

Oxide de zinc...............	0,870
Oxide de fer...............	0,036
Oxide de plomb.............	0,049
Sable......................	0,034
Charbon....................	0,006
	0,995

MM. Boüesnel et Drappier ont analysé une matière semblable, provenant aussi des fourneaux de Sambre et Meuse. Ils y ont trouvé :

	M. Boüesnel.	M. Drappier.
Oxide de zinc........	1,901	0,940
Oxide de fer........	0,016	0,026
Oxide de plomb......	0,060	0,024
Sable...............	0,018	0,000
Charbon............	0,010	0,005
	1,005	0,995

M. Descostils présumait que le plomb était à l'état métallique, à cause de l'aspect gris métalloïde du kiess (1). Une circonstance, qui pouvait encore rendre cette présomption vraisemblable, c'est qu'il se produit presque toujours un

(1) *Journal des Mines*, tome XXIX, pages 41 et 79.

peu de gaz nitreux par l'action de l'acide nitrique concentré; mais le charbon contenu dans le kiess pouvant être la cause de ce phénomène, on a essayé de traiter cette matière par l'acide acétique, pour séparer le zinc du plomb dans le cas où ce dernier serait à l'état métallique. Le résidu qu'on a obtenu était noir et dégageait du gaz nitreux avec l'acide nitrique; mais il ne renfermait que du sable, du charbon, une trace de zinc et point de plomb. Je crois, d'après cela, que le plomb est oxidé dans le kiess comme le zinc; que c'est le charbon qui lui donne la couleur grise, et que la teinte jaune verdâtre qu'elle prend souvent, est due au mélange de l'oxide de plomb et de l'oxide de fer, qui, sans doute, est au second degré d'oxidation. Quoi qu'il en soit, le kiess est une matière métallique très-riche, puisqu'elle pourrait produire 0,72 de zinc et 0,05 de plomb.

Cuivre rosette de Drontheim.

Le cuivre rosette de Drontheim est préféré, dit-on, à toutes les autres qualités qu'on trouve dans le commerce, pour fabriquer le laiton, parce qu'étant très-poreux il présente une grande surface à la vapeur du zinc et en absorbe la plus grande quantité possible. Ce cuivre est d'ailleurs d'une assez grande pureté; il ne contient ni fer, ni soufre, ni étain; il ne renferme d'étranger au cuivre qu'environ un demi-centième de plomb; or, on sait qu'il est essentiel qu'il y ait une certaine quantité de ce métal dans le laiton.

Mitrailles jaunes.

Les mitrailles sont toutes rouillées à la surface et mélangées de clous et de brins de fil de fer qui s'en séparent par la fusion; aussi éprouvent-elles, dans cette opération, un dé-

chet de 7 à 8 pour $\frac{0}{0}$. Les mitrailles fondues ne diffèrent du laiton neuf qu'en ce qu'elles renferment ordinairement une portion d'étain plus considérable. Celles que j'ai analysées étaient composées de :

Cuivre..........	0,719
Zinc...........	0,249
Plomb..........	0,020
Étain...........	0,012
	1,000

Le laiton qui provient de la fusion des mitrailles est dur et roide : il doit ces propriétés à l'étain ; mais ce métal diminue en même temps sa ductilité, en sorte qu'il est nuisible lorsqu'il dépasse une certaine proportion ; proportion qui paraît être à-peu-près d'un demi-centième. Si l'étain ne nuit pas lorsqu'il est inférieur à cette proportion, on ignore s'il est nécessaire et si le plomb peut le remplacer complétement pour donner au laiton la dureté qu'on exige qu'il possède.

Méthodes d'analyses pour le laiton.

Ayant à faire plusieurs analyses de diverses variétés de laiton, j'ai saisi cette occasion pour éprouver les principales méthodes dont on peut faire usage. Voici celles que j'ai essayées, et les observations auxquelles elles ont donné lieu :

1°. Traiter par l'acide nitrique pur, l'étain reste insoluble à l'état d'oxide : 100 d'oxide d'étain représentent 79 de métal ; ajouter de l'acide sulfurique à la liqueur pour en précipiter le plomb : 100 de sulfate de plomb représentent 68,26 de métal ; évaporer ensuite cette liqueur pour en expulser tout l'acide nitrique et faire en sorte qu'elle contienne un excès d'acide sul-

furique; l'étendre d'eau et en précipiter le cuivre à l'état métallique par une lame de fer. Le cuivre précipité est parfaitement pur, et en le faisant sécher sur un filtre, à une douce chaleur, après l'avoir parfaitement lavé, il conserve son éclat métallique et son poids donne un résultat exact, ce qui n'aurait pas lieu, si on le lavait mal et si on le séchait trop fortement, parce qu'il s'oxiderait. Lorsqu'on a dosé l'étain, le plomb et le cuivre, on a assez exactement, par différence, la proportion du zinc; mais on peut recueillir ce métal pour vérifier l'analyse. Pour cela, après s'être assuré, par l'addition d'une petite quantité d'acide hydrosulfurique, que tout le cuivre est précipité, ou en avoir séparé les dernières portions par ce réactif, ce qui est souvent préférable, on ajoute de l'acide nitrique à la liqueur, et on la fait bouillir et évaporer presque à siccité pour suroxider le fer; on l'étend ensuite d'eau, et on en précipite l'oxide de fer et un peu d'oxide de zinc par un carbonate alkalin neutre; on traite le précipité par l'acide acétique, on évapore à siccité à une douce chaleur, on reprend par l'eau, on fait bouillir la liqueur et on la filtre; elle contient tout l'oxide de zinc qui avait été entraîné avec l'oxide de fer, et elle ne renferme absolument point d'oxide de fer, si celui-ci a été ramené en totalité à l'état de tritoxide; dans le cas contraire, il faudrait de nouveau traiter la liqueur par l'acide nitrique. On réunit les deux dissolutions dans lesquelles se trouve l'oxide de zinc; on en précipite cet oxide par un sous-carbonate alkalin, en ayant la précaution de faire bouillir, et

l'on calcine au rouge : 100 d'oxide de zinc représentent 80 à 80 $\frac{1}{2}$ de métal.

2°. Après avoir séparé l'étain et le plomb, comme ci-dessus, précipitez le cuivre par une lame de zinc pesée, puis le zinc par un carbonate, etc., ainsi que l'a indiqué M. Vauquelin (*Annales des Mines, t. III, p.* 80); il arrive presque toujours que les lames de zinc, lorsque l'acide a agi sur elles, perdent leur cohésion et paraissent composées d'une multitude d'écailles dont quelques-unes se détachent et se mêlent au cuivre, ce qui empêche de doser exactement celui-ci : le fer est donc préférable au zinc pour précipiter le cuivre.

3°. Traiter par l'acide nitrique, séparer l'étain, précipiter le plomb par l'acide sulfurique; puis faire passer à travers la liqueur acide et étendue d'eau un courant de gaz acide hydrosulfurique jusqu'à ce que tout le cuivre en soit précipité; précipiter ensuite le zinc par un carbonate alkalin, après avoir fait bouillir la liqueur pour expulser l'excès d'acide hydrosulfurique; dissoudre le sulfure du cuivre dans l'acide nitromuriatique, et précipiter le métal par une lame de fer ou par un carbonate alkalin, en faisant bouillir; le carbonate calciné donne un oxide brun qui contient 80 pour $\frac{0}{0}$ de métal. Ce procédé est parfaitement exact, et me paraît être un des meilleurs que l'on puisse employer lorsque l'on veut doser successivement chacun des métaux qui entrent dans la composition du laiton, sans conclure la proportion d'aucun par différence.

4°. L'alliage ne contenant point de plomb, ou connaissant d'avance la proportion de ce métal,

traiter par l'acide nitrique, recueillir l'oxide d'étain, précipiter le cuivre par une lame de plomb, puis le plomb par un sulfate ou par l'acide sulfurique, et ensuite le zinc par un carbonate. On dose très-exactement le zinc par ce procédé, si l'on a l'attention de chasser la plus grande partie de l'excès d'acide qui pourrait tenir une petite quantité de sulfate de plomb en dissolution; mais le cuivre contient, ainsi que l'a observé M. Vauquelin, une grande quantité de plomb: on en a trouvé 0,23c. dans un précipité qu'on a analysé, mais il paraissait être au moins en grande partie mélangé mécaniquement, et provenir de petites écailles qui, dans le cours de l'opération, s'étaient détachées de la lame. Il restait aussi dans la liqueur un peu de cuivre, qui s'est retrouvé avec l'oxide de zinc.

5°. Lorsque le laiton ne contient ni étain, ni plomb, ou lorsqu'on connaît d'avance la proportion de ces métaux, dissoudre dans l'eau régale, faite de telle sorte que la dissolution ne contienne que des muriates et soit acide, étendre d'eau et précipiter le cuivre par une lame de fer, etc. Ce procédé rentre dans le premier; il est aussi exact et plus commode, le cuivre est plus promptement et plus complétement précipité de sa dissolution muriatique que de sa dissolution sulfurique.

On peut encore dissoudre l'alliage dans l'acide sulfurique concentré, ou mieux dans un mélange d'acide nitrique et d'acide sulfurique.

6°. La dissolution étant opérée, séparer l'oxide du cuivre de l'oxide du zinc, au moyen de la potasse ou de la soude caustique. M. Vauquelin, en faisant connaître ce moyen, a indiqué les pré-

cautions qu'il faut prendre pour qu'il réussisse (*Annales des Mines, tome III, p.* 79). Ces précautions sont indispensables ; aussi arrive-t-il souvent que, faute de n'avoir pas employé de l'alkali très-caustique, ou de n'en avoir pas employé assez, il reste du zinc avec le cuivre ; et comme on n'a aucun moyen simple de reconnaître ce mélange, le résultat est toujours douteux.

Laiton. On a analysé, par la première méthode, du laiton en planche de Jemmape et de Stolberg, et par la troisième, le fil de Jemmape, on a en

	Planches.		
	Jemmape.	Stolberg.	Fil de Jemmape.
Cuivre.	0,646	0,648	0,642
Zinc.	0,337	0,328	0,331
Plomb.	0,015	0,020	0,008 (Plomb et Etain)
Etain.	0,002	0,004	
	1,000	1,000	0,981

Il y a peu de différence dans la composition de ces laitons ; tout ce que l'analyse peut faire présumer, c'est que le fil est plus ductile et moins sec que les planches, parce qu'il contient un peu moins de plomb et d'étain, ce qui provient de ce qu'il entre moins de mitrailles dans le mélange destiné à faire le fil.

Grenailles de lavage. Les grenailles de laiton qu'on recueille par le lavage des sables, adhèrent à des grains de fer, etc., qui ne peuvent s'en séparer que par la fusion ; elles contiennent :

Laiton.	0,67
Fer métallique.	0,23
Sable et oxide de zinc silicifère.	0,10
	1,00

Le sable qui provient du lavage est un mélange de toute sorte de débris, de grains de fer poreux et irréguliers et d'oxide silicifère. A l'aide du barreau aimanté, on peut en extraire 0,075 de grains de fer; le résidu en contient encore et est composé :

Sable et silice	0,420
Fer métallique	0,078
Laiton	0,020
Plomb	0,005
Oxide de zinc	0,477
	1,000

Le résidu insoluble formait une gelée volumineuse; c'est une preuve qu'il contenait de la silice provenant d'une combinaison détruite par l'acide : cette combinaison ne peut être que l'oxide silicifère qui était contenu dans la calamine. D'après sa composition connue, elle devait s'élever à la proportion de 0,66, et le sable être composé de :

Sable	0,237
Fer métallique	0,078
Laiton	0,020
Plomb	0,005
Oxide silicifère	0,660
	1,000

Ainsi, les sables qui surnagent le laiton sont presque entièrement formés d'oxide de zinc silicifère; cette substance ne se réduit donc pas à la température des fours. Il suit de là que

l'on ne doit pas calculer la richesse d'une calamine d'après la proportion d'oxide de zinc qu'elle contient, mais seulement d'après la proportion de cet oxide qui est libre si la calamine est grillée, et combinée à l'acide carbonique si elle est crue.

J'aurais voulu rechercher si l'oxide silicifère peut se réduire à une haute température par le contact du charbon ; je n'ai pu m'en procurer d'assez pur pour faire cette expérience ; mais j'ai reconnu que la décomposition pouvait avoir lieu facilement à une haute température, et même à une température de 50 à 60d. pyrométriques, en y ajoutant des substances terreuses susceptibles de se combiner avec la silice. Ces substances sont l'alumine et la chaux ; elles existent en quantité suffisante dans les sables. En effet, 10g. de ces sables ayant été chauffés dans un creuset brasqué comme un essai de fer, on a eu un laitier vitreux gris, et un petit culot composé de fer, de cuivre, de plomb et de zinc, et la diminution de poids, par volatilisation, a été de 4g.,46, à-peu-près équivalente à la proportion d'oxide de zinc ; 10g. des mêmes sables, chauffés dans un creuset brasqué à la température de 50 à 60d., ont perdu seulement 3g.,8, et le laitier était poreux et à demi-fondu.

Ainsi, quoique l'oxide silicifère pur soit irréductible par le charbon, il serait facile d'en tirer parti si l'on en trouvait une mine abondante.

La partie attirable des sables de lavage contient :

Fer métallique en partie oxidé . .	0,67
Sable et silice, Oxides de zinc et de cuivre.	0,33
	1,00

Ce qui prouve que le fer est au moins pour la plus grande partie à l'état métallique, c'est que les grains attirables, traités par l'acide muriatique ou par l'acide sulfurique, produisent du gaz hydrogène qui s'échappe avec une vive effervescence.

Fabrication du laiton avec la blende.

La blende de Pontpéan dont on a fait usage à Jemmape, est en masses homogènes formées de couches concentriques, à cassure radiée et brillante, opaque et d'un brun chocolat. Sa poussière a une teinte beaucoup plus claire, elle est composée de : Blende de Pontpéan.

Zinc métallique.	0,600
Fer métallique.	0,040
Soufre.	0,357
	0,997
ou Sulfure de zinc.	0,914
Sulfure de fer.	0,083
	0,997

Il est évident que les deux sulfures sont à l'état de mélange intime dans la blende, et que celle-ci doit sa couleur et son opacité au sulfure de fer. Comme il y a encore des doutes sur

la composition de l'acide sulfurique, il serait possible que la proportion du soufre fût exagérée d'environ 0,01^{e}.

La blende de Pontpéan, réduite en poussière et exposée dans un creuset couvert à la température de 60^{d} pyrométriques, ne diminue pas de volume; mais elle forme une masse spongieuse légèrement agglutinée, non adhérente au creuset et composée de particules aciculaires et écailleuses, brillantes, brunes comme la blende en morceaux, et qui paraissent être transparentes. A la température de 150^{d} l'effet est absolument le même; la perte en poids est de 3 pour $\frac{0}{0}$ au plus.

La blende grillée reste pulvérulente lorsqu'on la chauffe à la température de 60^{d}; elle devient d'un brun jaunâtre et perd un peu de son poids, ce qui paraît dû à ce que les vapeurs charbonneuses en réduisent une portion, d'où résulte qu'il se volatilise un peu de zinc métallique. Mais lorsqu'on l'expose à la chaleur d'un essai de fer, elle se fond en une masse compacte à cassure luisante et noire, légèrement magnétique, non adhérente au creuset et beaucoup moins volumineuse que la poussière.

Blende et oxide de zinc. La blende grillée ou l'oxide de zinc ne réagit pas sur la blende crue, à quelque température qu'on l'expose. Si la chaleur est très-forte, il y a fusion; mais on retrouve dans le culot à très-peu près la même quantité de soufre que dans la blende mélangée.

Blende et oxide de manganèse. Il n'en est pas de même du peroxide de manganèse et de l'oxide brun de cuivre, comme le prouvent les expériences suivantes :

6 grammes de blende de Pontpéan ont été

mêlés à 10 grammes de péroxide de manganèse, et chauffés dans un creuset non brasqué à la température d'environ 40[d]. La matière s'est fortement agglomérée, mais elle s'est détachée du creuset en une seule masse. Sa cassure étant grenue et d'un noir métalloïde, elle ne pesait plus que 13g. (1). 2g. de cette matière ont donné par l'analyse 0g.,6 de sulfate de baryte correspondant à 0g.,084 de soufre, et pour les 13g. à 0g.,55. La blende employée en renfermait à-peu-près 2g.,10. Il s'en est donc volatilisé au moins 1g.,55, c'est-à-dire les trois quarts. La perte étant de 3g., il est évident qu'il a dû se dégager de l'oxigène. En effet, un mélange semblable au précédent ayant été chauffé dans une cornue de verre jusqu'à ramollissement de celui-ci, il ne s'est pas dégagé un atome de soufre, mais la cornue et le récipient se sont remplis d'acide sulfureux. La matière toujours pulvérulente était devenue d'un rouge brun.

3g. de blende de Pontpéan et 5g. de deutoxide de cuivre pur ont été chauffés dans un creuset non brasqué à la température de 40[d]. La matière s'est faiblement agglutinée et a beaucoup diminué de volume. Elle était noirâtre et remplie de grenailles de cuivre métallique d'un beau rouge. On l'a détachée du creuset avec tout le soin possible, mais on n'a pu la peser exactement. On l'a traitée par l'acide hydrochlorique à froid; une grande partie s'est dissoute sur-le- Blende et oxide de cuivre.

(1) Ayant employé une chaleur plus forte dans une autre expérience, le mélange s'est fondu en une masse d'un gris noirâtre à cassure mate et grenue, et renfermant au centre une cavité remplie de cristaux aciculaires.

champ, et sans produire aucune effervescence. La liqueur n'a pas donné trace d'acide sulfurique; le résidu desséché pesait 3g. Il était composé de cuivre métallique et de blende non décomposée; on en a extrait 0g,3 de soufre qui indiquent à-peu-près 1g de blende, c'est-à-dire le tiers de ce qu'on avait employé. Le deutoxide est donc au moins pour la plus grande partie complétement réduit par la blende, et dans l'opération le zinc est oxidé. Quant au soufre, il se dégage à l'état d'acide sulfureux; c'est ce qu'on a constaté en chauffant dans une cornue de verre 2g d'oxide de cuivre et 1g,2 de blende; il ne s'est pas dégagé de soufre, mais l'appareil s'est rempli d'acide sulfureux: les parois de la cornue se sont tapissées d'une pellicule de cuivre métallique d'un très-beau rouge.

L'action des oxides de manganèse et de cuivre sur la blende pourrait être mise à profit pour préparer l'acide sulfurique.

Dans une usine où l'on aurait à traiter en même temps de l'oxide ou du carbonate de cuivre et de la blende, on pourrait en chauffant ces minerais mélangés sans le contact du combustible, en extraire d'abord de l'acide sulfureux: en y ajoutant ensuite de la poussière de charbon, ou en fondant le mélange dans un fourneau à manche, il produirait immédiatement du laiton.

La blende prise à trois époques différentes du grillage, 1°. après vingt minutes de feu et dès qu'on a cessé de voir du soufre enflammé; 2°. après trois heures de grillage, et 3°. à la fin de l'opération, a donné par l'analyse les résultats suivans:

	la 1e.	la 2e.	la 3e.
Blende non grillée....	0,800	0,210	0,030
Oxide de zinc et de fer..	0,190	0,776	0,956
Sable mélangé......	0,010	0,014	0,014
	1,000	1,000	1,000

La blende à demi-grillée est d'un brun chocolat, la blende tout-à-fait grillée est d'un beau rouge d'ocre ; elle doit cette couleur à un mélange de 0,07 à 0,08c. de peroxide de fer. A aucune époque du grillage on ne trouve une quantité sensible de sulfate de zinc dans la blende. Pour faire ces analyses, on traite par l'acide muriatique qui dissout les oxides de zinc et de fer, et n'attaque pas sensiblement la blende ; puis on dissout celle-ci dans l'acide nitro-muriatique pour en déterminer les principes constituans et apprécier la quantité de sable accidentellement mélangé. Lorsque la quantité de fer est peu considérable, on peut aussi se servir d'acide acétique bouillant, qui dissout l'oxide de zinc sans exercer aucune action sur le sulfure.

Laiton.

Le laiton fait avec la blende grillée ne diffère de celui qu'on prépare avec la calamine et le kiess, qu'en ce qu'il ne contient que 0,005 de plomb, au lieu de 0,010 à 0,020. Aussi l'a-t-on trouvé plus ductile, mais moins roide. L'analyse n'a pu y découvrir la moindre trace de fer ou de soufre.

Grenailles de lavage.

Les grenailles que l'on recueille par le lavage sont composées de :

Soufre.........	0,090	ou	Blende......	0,260
Zinc combiné au soufre	0,160		Fer........	0,038
Fer métallique.....	0,048		Sable.......	0,040
Sable..........	0,040		Laiton......	0,662
Laiton.........	0,662			
	1,000			1,000

Sables de lavage.

Les sables de lavage sont bruns et mélangés, comme ceux de la calamine, de particules ferrugineuses attirables : à l'aide du barreau on peut extraire 0,07 à 0,08 de ces particules ; le résidu est alors composé de :

Sable	0,236	ou	Sable	0,236
Charbon	0,008		Charbon	0,008
Soufre	0,170		Blende	0,668
Fer	0,080		Fer	0,060
Cuivre	0,004		Laiton	0,006
Zinc métallique	0,480			
	0,978			0,978

On voit que la blende non altérée qui reste dans la matière grillée, se retrouve toute entière dans les sables, comme l'oxide silicifère que renferme la calamine. La partie attirable contient :

Sable	0,175	ou	Sable	0,175
Fer métall. en partie ox.	0,535		Fer métallique en partie oxidé	0,525
Soufre	1,080		Blende	0,300
Zinc métallique	0,210			
	1,000			1,000

MÉMOIRE

Sur plusieurs cristallisations nouvelles de Plomb chromaté.

Lu à la Société des Naturalistes, séante à Genève, le 6 Août 1818.

Par Fréd. SORET.

M. Duval, Consul général de la Confédération Helvétique, en Russie, ayant eu la bonté de me céder ce qu'il possédait en cristaux de plomb chromaté, j'y ai trouvé non-seulement une des deux formes décrites par le célèbre Haüy, dans son tableau comparatif; mais, en outre, plusieurs autres nouvelles dont la description ajoutera quelque chose à ce que nous savons déjà sur cette rare substance. (*Voyez la Planche IV.*)

Les fragmens qu'on rencontre ordinairement dans les cabinets, offrent un manque apparent de symétrie qui ajoute quelques difficultés à leur détermination; mais les cristaux complets que j'ai observés, ont facilité mon travail et dissipé les doutes que j'aurais pu avoir sur l'existence de deux ou trois facettes nouvelles.

Voici le tableau des lois de décroissement dont l'ensemble constituera les modifications que nous allons décrire; j'y comprends les trois faces t, u, r, déterminées par M. Haüy :

$G^{44}G$.	$H^{44}H$.	$\overset{\frac{1}{2}}{A}$.	$\overset{2}{A}$.	$\overset{1}{E}$.	$\overset{2}{E}$.	$\overset{\frac{1}{8}}{O}$.	$\overset{2}{B}$.	$\overset{4}{B}$.	$\overset{\frac{1}{2}}{D}$.	$\overset{2}{D}$.
r	q	l	k	y	z	n	v	u	s	t

Et voici celui des incidences :

P sur l'arête H. . .	102$^{d.}$	51′		(Tabl. comp. pag. 81).
P sur M.	99	2	50″	
P sur M de retour.	80	57	10	
M sur M.	90			(Tab. comp.).
M sur r.	165	57		(*id.*).
M sur q.	165	57	50	
M sur t.	145	22	35	
M sur s.	169	15	45	
M sur v	148	29	35	
M sur u	115	53	55	
t sur t.	117	56		(Tabl. comp.).
t sur s.	156	6	50	
u sur u.	132			environ.
l sur l'arête H. . .	164	15	50	
l sur n.	160	28	20	
k sur l'arête H. . .	124	15	20	
k sur l.	139	59	30	
n sur l'arête H. . .	176	7	30	
z sur l'arête G. . .	132	16	30	
z sur y.	160	25	40	
y sur l'arête G. . .	151	50	50	

La forme primitive (*fig.* 2) est un prisme oblique dont la coupe transversale est un rhombe d'environ 91$^{d.}$ 27′ et 88$^{d.}$ 32′, et dans lequel l'incidence de P sur l'arête H est de 102$^{d.}$ 51′. Le rapport d'un des côtés de la base à une des arêtes du prisme est = 7 : 18 (1).

(1) Dans un premier travail envoyé à Messieurs les rédacteurs des Annales, j'avois adopté la forme primitive donnée par M. Haüy dans son Tableau comparatif (*fig.* 1), et je m'étais contenté d'énoncer les doutes qu'avaient fait naître en moi les lois auxquelles on parvenait pour quelques formes secondaires. Mais le célèbre naturaliste que je viens de nommer ayant eu la bonté de me faire connaître le résultat de ses nouvelles observations qui nécessitent un changement dans la forme, je n'ai plus craint, fondé sur l'autorité d'un tel maître, de faire cette correction. Je ne terminerai pas cette note sans

Pour compléter autant qu'il est possible la série des cristallisations du plomb chromaté, j'introduirai dans ma description les deux formes déjà déterminées par M. Haüy, en me permettant de faire dans leurs signes représentatifs les légers changemens que nécessite une autre forme primitive.

Combinaisons deux à deux.

1. Plomb chromaté mixte $\frac{M\ A}{M\ l}$ (Pl. IV, *fig.* 3).

Brochant, 2 vol. page 319, variété *b*. Macquart, Essais, page 145, variété 1.

Prisme droit tronqué par deux faces rhomboïdales très-obliques.

Il paraît que la face *l* correspond à celle qui est indiquée par *z* dans le Traité de Minéralogie, 3 vol. page 534, édition in-4°.

2. Plomb chromaté ditétraèdre $\frac{M\ \overset{2}{D}}{M\ t}$ (*fig.* 4).

Prisme à quatre pans, sommet oblique à deux faces.

Il prend quelquefois l'aspect d'un octaèdre irrégulier.

La Métherie, 1 vol. page 286, variété 2. Brochant, vol. 2, page 319, variété *c*. Jameson, vol. 2, page 411, variété 5, paraissent décrire cette forme.

---

adresser de vifs remercîmens à M. Cordier, pour les savantes directions qu'il a bien voulu me donner dans la détermination des rapports de la molécule primitive, et pour l'intérêt qu'il a mis à mon travail.

3. Plomb chromaté mixtibinaire $\frac{M\ \overset{\frac{1}{2}}{A}\ \overset{2}{D}}{M\ \ l\ \ t}$ (*fig.* 7).

Macquart, page 145, variété 2. Mal décrite, il rapporte *l* à un pan du prisme et non pas à l'arête H. Videnman, Oryctognosie, page 861, variété *d*.

4. Plomb chromaté mixtiquaternaire $\frac{M\ G^{4}G\ \overset{\frac{1}{2}}{A}}{M\ \ \ r\ \ \ l}$ (*fig.* 5.)

Prisme à huit pans avec une seule troncature très-oblique; souvent le cristal se présente raccourci. *Voyez fig.* 6.

5. Plomb chromaté quadrioctonal $\frac{M\ G^{4}G\ \overset{2}{D}}{M\ \ \ r\ \ t}$

Haüy, Tableau comparatif, page 81, variété 1. *Fig.* 49, *pl.* 111.

Combinaisons quatre à quatre.

6. Plomb chromaté sexoctonal $\frac{M\ G^{4}G\ \overset{\frac{1}{2}}{A}\ \overset{2}{D}}{M\ \ \ r\ \ \ l\ \ t}$ (*fig.* 8.)

Macquart, Essais, page 145, variété 3. Mal décrite.

Prisme à huit pans, chaque sommet à trois faces.

7. Plomb chromaté zonaire $\frac{M\ G^{4}G\ \overset{2}{D}\ \overset{\frac{1}{2}}{D}}{M\ \ \ r\ \ \ t\ \ s}$ (*fig.* 9.).

s, face nouvelle sous *t* formée sur l'arête D.

8. Plomb chromaté dioctaèdre $\frac{M\;G^{44}G\;\overset{4}{B}\;\overset{2}{D}}{M\quad r\quad u\quad t}$.

Haüy, Tableau comparatif, variété 2, *fig.* 50. Je n'ai pu retrouver cette intéressante variété parmi mes nombreux cristaux.

Combinaisons cinq à cinq.

9. Plomb chromaté disjoint $\frac{M\;G^{44}G\;\overset{\frac{1}{2}}{A}\;\overset{2}{D}\;\overset{\frac{1}{2}}{D}}{M\quad r\quad l\quad t\quad s}$ (*fig.* 10).

Prisme à huit pans, chaque sommet a cinq faces.

10. Plomb chromaté quadruple $\frac{M\;G^{44}G\;\overset{\frac{1}{2}}{A}\;\overset{\frac{1}{2}}{O}\;\overset{2}{D}}{M\quad r\quad l\quad n\quad t}$ (*fig.* 11.)

Le décroissement qui a lieu sur l'un des angles est quadruple de celui qui s'opère sur son opposé.

n, face nouvelle sous *t*.

11. Plomb chromaté sexdodécimal $\frac{M\;G^{44}G\;H^{44}H\;\overset{\frac{1}{2}}{A}\;\overset{2}{D}}{M\quad r\quad q\quad l\quad t}$ (*fig.* 12)

M. le professeur Jurine, qui a découvert ce cristal dans sa superbe collection, a bien voulu me le communiquer.

q, face nouvelle au prisme, il forme une double troncature sur les arêtes H de la forme primitive.

12. Plomb chromaté octodécimal $\frac{M\;G^{44}G\;\overset{\frac{1}{2}}{A}\;\overset{2}{B}\;\overset{2}{D}}{M\quad r\quad l\quad v\quad t}$ (*fig.* 13).

M. Jurine possède un cristal parfaitement complet de cette variété.

v, face nouvelle, située des deux côtés de l.

13. Plomb chromaté bimixtibinaire $\frac{M\ \overset{\frac{1}{2}}{A}\ \overset{2}{B}\ \overset{2}{D}\ \overset{\frac{1}{2}}{D}}{M\ l\ v\ t\ s}$ (*fig.* 14).

Prisme à quatre pans, chaque sommet as ept faces.

Combinaisons six à six.

14. Plomb chromaté octododécimal $\frac{M\ G^{44}G\ \overset{\frac{1}{2}}{A}\ \overset{\frac{1}{3}}{O}\ \overset{2}{D}\ \overset{\frac{1}{2}}{D}}{M\ r\ l\ n\ t\ s}$ (*fig.* 15).

Prisme à huit pans, chaque sommet a six faces.

Combinaisons sept à sept.

15. Plomb chromaté didodécaèdre $\frac{M\ G^{44}G\ H^{44}\overset{1}{H}\ \overset{\frac{1}{2}}{A}\ \overset{2}{A}\ \overset{2}{E}\ \overset{2}{D}}{M\ r\ q\ l\ k\ y\ t}$ (*fig.* 16)

y, face nouvelle au-dessus de *t*.
k, face nouvelle au-dessus de *l*.

16. Plomb chromaté quadrivigésimal $\frac{M\ \overset{2}{A}\ \overset{2}{E}\ \overset{1}{E}\ \overset{2}{D}\ \overset{\frac{1}{2}}{D}\ P}{M\ k\ z\ y\ t\ s\ P}$ (*fig.* 17).

z, face nouvelle très-petite, je n'ai pu la mesurer qu'approximativement. *P* est très-sensible

quoique pas assez grand pour qu'on puisse rigoureusement confirmer, à l'aide du goniomètre, l'incidence que donne la théorie.

Je dois ces deux derniers cristaux à la complaisance d'un peintre renommé par son grand talent, M. Topffer, qui m'a permis de prendre dans son plomb rouge, tout ce qui était cristallisé.

Annotations.

Les cristaux de plomb chromaté se clivent avec beaucoup de facilité dans le sens des faces M ; il n'en est pas de même pour P, que je n'ai jamais pu obtenir bien nettement. M. Haüy possède des cristaux dans lesquels cette coupe transversale est bien marquée, et qui, mesurés de nouveau par M. Cordier, ont présenté un angle très-rapproché de celui qu'on obtient par le calcul, en conservant le degré d'obliquité donné dans le tableau comparatif pour la forme primitive.

Il est vraisemblable qu'une des principales causes de la grande rareté de cette substance, est l'emploi qu'on en fait dans les fabriques de porcelaine à Saint-Pétersbourg. D'immenses druses, provenant du cabinet de Sitnikoff, ont été bocardées pour cet usage ; plus les cristaux sont nets et transparens, plus ils sont recherchés, et malgré leur cherté excessive, les fabricans continuent à s'en servir. Je possède un ou deux petits cristaux parfaitement transparens, leur couleur est orange par réfraction, rouge aurore par réflexion ; d'autres fragmens déjà un peu décomposés offrent, sous une face

bien polie, un reflet métallique rouge et légèrement chatoyant. Toutes les variétés de formes (1) décrites dans ce mémoire existent, soit dans le cabinet de M. Jurine, soit dans le mien. Quelques échantillons nous ont offert plusieurs faces nouvelles, mais trop petites pour pouvoir être déterminées avec exactitude.

(1) M. Selligue, habile mécanicien, vient d'inventer un instrument avec lequel il exécute, en bois ou en verre, des modèles parfaitement exacts; les proportions du cristal, les angles plans et les incidences sont rigoureusement rendus. Il a taillé avec succès les cristallisations du plomb chromaté.

Son adresse est Maison Veyrassat en Lille, à Genève.

Addition au Mémoire sur la Chaux sulfatée, inséré dans le tome II des Annales des Mines, *page* 435;

Par M. Frédéric SORET.

Diverses observations consignées dans une note de mon précédent mémoire sur la chaux sulfatée, m'avaient conduit à l'idée d'un changement à faire dans la forme primitive de cette substance; mais ma conclusion était plus spécieuse que réelle, et j'aurais dû avoir égard aux considérations suivantes:

1°. L'incidence de *o* sur P variant d'un cristal à l'autre, n'est pas une preuve bien concluante en faveur d'un prisme oblique pour forme primitive; cette déviation doit être plutôt attribuée à une cristallisation imparfaite, et c'est ce que le peu de régularité de la facette *o* tend à confirmer; d'ailleurs, j'ai vu depuis peu des cristaux bien terminés dans lesquels l'incidence de *o* sur P se rapproche beaucoup de 90°;

2°. Relativement aux cristaux clivés, l'obliquité de leurs arêtes paraît provenir de la facilité avec laquelle les lames de la chaux sulfatée plient et glissent les unes sur les autres quand on essaye de les rompre;

3°. La différence d'aspect que présente la cassure, selon la direction du clivage, prouve que les trois dimensions de la forme primitive sont différentes, et que par conséquent il y a deux espèces de faces au prisme; ce résultat me paraît difficile à concilier (dans la supposition d'un prisme oblique) avec l'égalité d'incidence qu'on

doit avoir entre P sur T et P sur M, pour que les faces secondaires puissent avoir lieu.

J'ai observé dernièrement deux cristallisations nouvelles que je crois devoir décrire ici.

La première, que possède le célèbre professeur Jurine, appartient aux modifications trois à trois; je l'appelle chaux sulfatée *perihexaèdre*, son signe est $\underset{P}{\overset{1}{P}}\,\underset{l}{\overset{3}{\acute{E}}}\,\underset{o}{\overset{1}{G}}$. C'est un prisme droit comprimé, à six pans; il est assez remarquable d'y voir la base primitive jouer le rôle d'une facette secondaire dans le prisme, tandis que la base secondaire a été formée sur une des arêtes du prisme primitif.

Cette variété provient d'une belle géode trouvée dans les carrières de gypse de Saint-Julien près de Genève; les cristaux sont d'une grandeur moyenne et bien prononcés.

La seconde, que j'ai observée dans ma collection, sert de passage entre la *trapésienne* de M. le professeur Haüy et *l'octodécimale* de mon mémoire; je lui donne le nom de *chaux sulfatée quatuordécimale;* son signe est $\underset{P}{P}\,\underset{h}{\overset{4}{C}}\,\underset{f}{\overset{2}{C}}\,\underset{l}{\overset{1}{\acute{E}}}$ elle doit être placée avant la dihexaèdre.

MÉMOIRE

Sur la théorie des Roues à Augets, des Machines à réaction et de celles à Colonne d'eau.

Par M. ROUSELLE-GALLE, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Je me propose, dans ce mémoire, d'examiner d'abord la théorie des roues à augets, exposée dans l'ouvrage intitulé : *Essai sur la science des machines ;* d'appliquer à ces moteurs et aux machines à réaction, le principe général des forces vives ; de donner ensuite l'expression de l'effet des machines à colonne d'eau, et d'en déduire la vitesse du piston, en ayant égard à toutes les résistances qui s'opposent au mouvement.

Mais auparavant, je crois devoir prévenir qu'en mettant au jour les inexactitudes qui se sont glissées dans l'*Essai sur la science des machines*, je ne prétends point affaiblir les droits que l'auteur s'est justement acquis à l'estime des savans, et que je n'ai d'autre but que l'utilité de dévoiler des erreurs dont les résultats se sont présentés comme des vérités importantes.

Rappelons, avant tout, la manière dont l'auteur parvient à l'expression générale de l'effet des roues à augets.

Pl. 3.

Il suppose, en premier lieu, que l'eau tombe sur la roue sans vitesse initiale. En représentant, par N, la section normale de la couronne d'eau portée par la roue, et considérant un point quelconque de l'arc chargé d'eau, et éloigné de l'o-

rigine des arcs (fixée à l'extrémité supérieure du diamètre vertical), d'un arc ω, dont la longueur réelle sera $r\omega$; r, étant le rayon de la roue : le volume porté sur un petit arc d'une longueur $r\,d\omega$, sera $n\,r\,d\omega$. Quand la roue est en repos, l'impression exercée par l'eau est égale au poids de celle-ci ; mais, lorsqu'il y a mouvement, il faut, dit l'auteur, diminuer la vitesse g, qui représente la force accélératrice de la pesanteur, de la vitesse que le point que l'on considère a dans le même sens ; or, v étant la vitesse à la circonférence, la vitesse verticale du point ci-dessus est $v \sin.\, \omega$. Il suit de là que le petit volume $n\,r\,d\omega$ n'exerce sur l'élément de la roue avec lequel il est en contact, qu'une impression mesurée par $n\,r\,d\omega\,(g - v \sin.\, \omega)$. Enfin, le moment de cette impression, pris par rapport à l'axe de la roue, est $n\,r\,d\omega\,(g - v \sin.\, \omega)\, r \sin.\, \omega$.

Maintenant, pour avoir l'effort total résultant de tous les petits volumes semblables à celui que nous venons de considérer, et qui s'étendent uniformément sur une partie de la circonférence de la roue, il faudra évidemment intégrer l'expression précédente, par rapport à ω, entre les limites qui fixeront les extrémités de l'arc chargé d'eau. Tout calcul fait, et la constance déterminée par la condition que l'intégrale devienne nulle à l'extrémité supérieure de l'arc chargé d'eau, et dont la distance à l'origine, c'est-à-dire au sommet de la roue, sera désignée par ε : on aura pour l'effort :

$$n\,r^2 g\,(\cos.\, \varepsilon - \cos.\, \omega) - \tfrac{1}{2}\, n\,v\,r^2 \left(\tfrac{1}{2} \sin.\, 2\varepsilon - \tfrac{1}{2} \sin.\, 2\omega - \varepsilon + \omega\right).$$

L'effet de la roue s'obtient en multipliant la va-

leur de l'effort par la vitesse absolue $\frac{v}{r}$: on a donc pour l'effet des roues à augets :

$$E = n g h v - \frac{n v^2}{2} \left(\tfrac{1}{2} r \sin. 2\epsilon - \tfrac{1}{2} r \sin. 2\omega + s \right).$$

la quantité h représente la hauteur de la chute, égale à $r \cos. \epsilon - r \cos. \omega$, et s est la longueur de l'arc qui répond à cette hauteur, ou $r\epsilon - r\omega$. Telles sont les deux formules générales d'après lesquelles l'auteur de l'*Essai sur la science des machines* a présenté, dans un chapitre très-étendu, les propriétés mécaniques des roues à augets. Il les étend au cas où l'eau a une vitesse initiale, en augmentant la hauteur h de celle due à cette vitesse. Je remarque d'abord, en conservant la notation adoptée ci-dessus, qu'au lieu de décomposer la vitesse v de la roue, on pourrait, plus simplement, décomposer la force g de la pesanteur en deux forces; l'une tangente au point que l'on considère, et l'autre normale en ce même point, et par conséquent nulle pour l'effet de la machine; puisque, passant par l'axe, cette force est détruite. La force tangente aurait pour expression $g \sin. \omega$; ainsi, l'impression serait, en raisonnant comme précédemment, $n r d\omega (g \sin. \omega - v)$; et le moment de cette impression s'obtiendrait, dans ce cas, en multipliant par r; ce qui donnerait $n r^2 d\omega (g \sin. \omega - v)$. L'expression de l'auteur de l'*Essai sur les machines*, correspondante à celle-ci, est $n r^2 d\omega (g \sin. \omega - v \sin.^2 \omega)$; ou, en remplaçant $\sin.^2 \omega$ par $(1 - \cos.^2 \omega)$,

$$n r d\omega (g \sin. \omega - v + v \cos.^2 \omega)$$

qui diffère de la précédente, de la quantité positive $n r d\omega\, v \cos.^2 \omega$. Pour découvrir la raison

de cette différence, je reviens à la manière dont l'auteur a décomposé la vitesse v de la roue, et je vois que la composante verticale étant $v \sin. \omega$, l'autre composante est par conséquent perpendiculaire à celle-ci, et égale à $v \cos. \omega$: or, il n'y a pas de raison de décomposer ainsi, plutôt qu'en deux forces, dont l'une verticale ferait avec l'autre un angle quelconque, et en dernier lieu la composante qui n'est pas verticale, produit un effet qu'on ne peut négliger, relativement à la valeur de l'impression, que dans le seul cas où cette composante est normale à la circonférence de la roue. L'auteur, ayant tout-à-fait négligé la force $v \cos. \omega$, a dû arriver à un résultat inexact. Si donc, pour corriger ce résultat, on décompose de nouveau cette force $v \cos. \omega$ en deux, l'une verticale et l'autre dirigée suivant le rayon $c\,m$ de la roue (*Pl.* V, *fig.* 1), et à laquelle on peut maintenant se dispenser d'avoir égard, la composante verticale sera $\frac{v \cos. \omega}{\text{tang.} \omega}$ ou $\frac{v \cos.^2 \omega}{\sin. \omega}$ (en remplaçant $\text{tang.} \omega$ par $\frac{\sin. \omega}{\cos. \omega}$) valeur qui retranchée de la force g, avec $v \sin. \omega$, donne pour l'impression, $n\,r\,d\omega\,(g - v \sin. \omega - \frac{v \cos.^2 \omega}{\sin. \omega})$; ou, en faisant la réduction, $n\,r\,d\omega\,(\frac{g \sin. \omega - v}{\sin. \omega})$; et, comme dans ce cas, il faut, pour avoir le moment de l'impression, multiplier par $r \sin. \omega$, on retrouve le même résultat obtenu plus haut en décomposant la force g, c'est-à-dire, $n\,r^2\,d\omega\,(g \cos. \omega - v)$. L'intégrale de cette expression est:

$$- n\,r^2 g \cos. \omega - n\,r^2 \omega\,v + C.$$

La constante C se détermine par la condition que l'expression précédente devienne nulle à l'extrémité supérieure de la couronne d'eau, dont la distance angulaire au sommet de la roue est ε : on aura donc $C = n r^2 g \cos. \varepsilon - n r^2 v \varepsilon$; et l'effet de la roue sera :

$$n r^2 g (\cos. \varepsilon - \cos. \omega) - n r^2 v (\omega - \varepsilon).$$

remplaçant $r (\cos. \varepsilon - \cos. \omega)$, par h; et $r (\omega - \varepsilon)$, par s; on aura enfin $n r g h - n r v s$, et pour l'effet, $n v g h - n v^2 s$. Cette formule, déjà plus exacte que celle de l'auteur, est aussi beaucoup plus simple.

Mais il est encore une autre inexactitude qui s'est glissée dans la théorie que nous examinons. L'auteur dit positivement que les parties de la roue sur lesquelles chaque molécule pesante agit, se soustraient à cette action en raison de leur vitesse acquise. Cependant, lorsque l'eau est supposée agir sans percussion, elle ne commence à presser sur la roue que lorsque sa vitesse, soit initiale, soit due à la pesanteur, et décomposée suivant la tangente, est égale à la vitesse v; et, l'eau conservant celle-ci jusqu'à sa sortie des augets, il n'y a de pression exercée que depuis le point où les vitesses du moteur et de la roue sont égales, jusqu'à l'extrémité inférieure de la couronne liquide; et de plus, cette pression est la même que dans l'état de repos. D'après cela, le moment de l'impression exercée tangentiellement à la roue par le petit volume $n r d \omega$, sera $n r^2 g \sin. \omega d \omega$, au lieu de $n r^2 d \omega (g \sin. \omega - v)$; et la somme de ces momens sera $-n r^2 g \cos. \omega + C$. Ici, la constante se déterminera par la condition que l'effort de la roue soit nul au point où sa vitesse est

égale à celle de l'eau, dans le sens de la tangente, et dont la distance angulaire au sommet est ε; ainsi, l'expression de cet effort sera $n\,r^2 g\,(cos.\,\varepsilon - cos.\,\omega)$; résultat qui se changera en $n\,r\,g\,h$, après avoir substitué h à la place de $r\,(cos.\,\varepsilon - cos.\,\omega)$; enfin, en multipliant par la vitesse absolue $\frac{v}{r}$, on trouvera pour l'effet $n\,v\,g\,h$.

Représentons maintenant, par H, la hauteur totale de la chute, c'est-à-dire la différence de niveau entre l'extrémité n de la couronne liquide et le point P, d'où l'eau, partant de l'état de repos, est censée tomber tangentiellement sur la roue; je dis censée tomber; car si elle avait toute autre direction SM (*fig.* 21), la composante TM de sa vitesse, suivant le rayon cM, ne produirait qu'une percussion sur l'axe, et serait nulle pour l'effet, tandis que l'autre composante PM, perpendiculaire à la première, serait la seule à laquelle il fallût avoir égard. Cela posé, si on représente encore par H' la hauteur due à la vitesse v, et qui sera ici PR, on aura $h = H - H'$; substituant cette valeur dans l'expression de l'effet $n\,v\,g\,h$, il viendra $E = n\,v\,g\,H - n\,v\,g\,H'$; mais on a $v^2 = 2\,g\,H'$, et par conséquent $E = n\,v\,g\,H - \frac{n\,v \times v^2}{2}$.

Or, $n\,v$ est la quantité d'eau employée dans l'unité de temps; en la désignant par P, on obtiendra enfin, pour l'effet des roues à augets, $E = P\,g\,H - \frac{1}{2}\,P\,v^2$. Mise sous cette forme, l'expression de l'effet de ces moteurs s'appliquera immédiatement à la solution de la question suivante :

Si on avait une roue toute construite, et que

l'eau fût assez abondante pour tenir les augets constamment pleins, quelle que fût la vitesse de cette roue, la hauteur de la chute restant la même, la machine serait susceptible d'un effet *maximum*. La vitesse correspondante à cet effet s'obtient facilement, en égalant à zéro la différentielle de l'expression précédente, prise par rapport à v, et après avoir remplacé P par $n\,v$. Ce calcul donne $g\,h\,d\,v - \frac{3\,v^2\,d\,v}{2} = o$,

d'où $v^2 = \frac{2\,g\,h}{3}$ résultat de Bossut, et bien différent de celui de l'auteur de l'*Essai sur la science des machines*, qui dit positivement que, dans ce cas, la vitesse de la roue a pour limite celle g, que la pesanteur communique à chaque instant.

Je pourrais pousser plus loin cet examen; mais il suffit d'avoir prouvé la double erreur dont les formules générales de l'auteur sont affectées, pour conclure que toutes les conséquences qu'il en tire sont erronées, si ce n'est cependant lorsque la vitesse étant très-petite, il est permis de négliger le second terme.

L'équation $E = P\,g\,H - \frac{1}{2}\,P\,v^2$ que nous venons de trouver, en considérant particulièrement l'action de l'eau sur les roues à augets, ne convient pas seulement à ces machines, mais à toutes celles sur lesquelles l'eau agit sans percussion, le mouvement étant parvenu à l'uniformité, et la vitesse v étant la même pour tous les élémens de la masse P.

Cette proposition, ainsi que les propriétés générales des machines en mouvement, se dé-

duisent de l'équation :

$$(a) \Sigma m v d v = \Sigma m (X dx + Y dy + Z dz),$$

obtenue de la combinaison des principes de d'Alembert et des vitesses virtuelles. *Voyez* la Mécanique de Poisson, tome II, N°. 467, et les principes de l'équilibre et du mouvement, par Carnot, page 207 et suivantes.

X Y Z sont les forces accélératrices qui sollicitent les masses m m' etc. d'un système, parallèlement aux axes x y z des coordonnées, et v v' v'' sont les vitesses acquises par ces masses, au bout du temps t. On sait que le principe des forces vives a lieu toutes les fois que $X dx + Y dy + Z dz$ est une différentielle exacte.

Pour appliquer cette équation à l'effet général des machines mues sans percussion, représentons par R la résultante des forces X Y Z, et par dp sa vitesse virtuelle; on aura d'après le principe général d'équilibre :

$$R dp = X dx + Y dy + Z dz.$$

Si, maintenant, g est la force accélératrice constante à laquelle sont soumises les masses m m', etc. du moteur; que Z soit l'ordonnée verticale, et que $\Sigma m R$ soient les résistances à vaincre, lesquelles, par leur nature, doivent entrer dans l'équation (a), affectées d'un signe contraire à celui de la puissance et des quantités $m v dv$, on tirera de cette équation :

$$\Sigma m \int R dp = \Sigma m g z - \frac{\Sigma m v^2}{2} + C.$$

Si, de plus, on désigne, par P, la somme des élémens matériels m m', etc. de la puissance, et par ζ, l'ordonnée verticale de leur centre de gravité, on aura $P \zeta = m z + m' z' +$ etc. $= \Sigma m z$;

et par suite, pour l'effet produit :

$$\Sigma m \int R\,dp = Pg\zeta - \Sigma \frac{mv^2}{2} + C,$$

ou $\Sigma m \int R\,dp = Pg\zeta - \Sigma \frac{mv^2}{2} - \Sigma \frac{MV^2}{2} + C;$

en écrivant séparément l'expression $\Sigma \frac{mv^2}{2}$ de la demi-somme des forces vives acquises par le poids Pg, après qu'il est descendu de la hauteur ζ, et celle $\Sigma \frac{MV^2}{2}$ de la demi-somme des forces vives qui animent alors les masses de la résistance et de l'intermédiaire, au moyen duquel la puissance transmet son action.

Dans le cas du mouvement uniforme, $\Sigma \frac{MV^2}{2}$ sera constaté et disparaîtra avec C, en prenant l'intégrale, entre les limites $\zeta = 0$, $v = 0$ et $\zeta = h$, $v = u$, ce qui donnera, pour l'effet produit par un poids Pg qui agit sans percussion, sur une machine quelconque parvenue au mouvement uniforme : $E = Pgh - \Sigma \frac{mu^2}{2}$ et $E = Pgh - \frac{1}{2} Pu^2$ (1) pour le cas où la vitesse u est commune à tous les élémens m, m', etc., de la masse P. Donc, si des masses P se succèdent sans interruption sur la machine, la valeur de E sera l'effet produit à chaque instant.

Lorsque la vitesse absolue de la masse P sortant de la machine après avoir exercé son action, est la même que la vitesse de rotation de la partie avec laquelle elle est en contact, la formule (1) s'applique immédiatement. Exemple : les roues à augets.

Une des applications les plus remarquables que l'on puisse faire de cette formule, est la recherche de l'effet des machines mues par la réaction de l'eau. On sait que ces moteurs consistent en un système de tuyaux mobiles autour d'un axe vertical, et entretenus constamment pleins d'eau, par un réservoir supérieur. Celle-ci s'échappe par un orifice pratiqué à l'extrémité inférieure de chaque tuyau, et perpendiculairement au rayon de la circonférence qu'elle décrit, d'où résulte, contre la partie directement opposée, ce que Bossut appelle *réaction*, et qui est ici la force motrice.

Soient u la vitesse d'écoulement, et V la vitesse uniforme du centre de chaque orifice. Supposons qu'elles aient lieu suivant la même ligne; et que, relativement à leur distance à l'axe, les orifices aient des diamètres assez petits pour que la vitesse V puisse être regardée comme celle d'un point quelconque de leur surface; $V-u$ ou $u-V$ sera la vitesse réelle de l'eau à sa sortie des tuyaux; et si, de plus, P est la quantité d'eau fournie à tous les tuyaux à-la-fois, lesquels sont en tout semblables et symétriquement placés autour de l'axe de rotation, et si H est la hauteur totale de la chute, ou la distance verticale entre chaque orifice et la surface de l'eau dans le réservoir, l'effet général de la machine aura pour expression $E=PgH-\frac{1}{2}P(V-u)^2$; d'où l'on conclut déjà, que pour l'effet *maximum*, il faut que $V=u$, ou que la vitesse d'écoulement soit égale à celle des orifices.

La vitesse u dépend de celle de la machine,

et il faut avoir sa valeur, pour en conclure celle de E, en quantités connues.

On peut abréger de beaucoup la méthode que Bossut a donnée pour obtenir l'expression de la vitesse d'écoulement. En effet, soit tt' l'axe d'un des tuyaux qui tournent autour de l'axe AB. (*fig.* 3), on suppose le fluide divisé en tranches qui se meuvent perpendiculairement à la courbe tt', laquelle est à simple ou à double courbure, et les tuyaux assez étroits, pour que les vitesses de rotation des différens points d'une même tranche Tm soient sensiblement les mêmes que celles du point m, intersection de cette tranche avec la ligne tt'.

Faisons $AP = x, Pm = y, mn = ds$.

La tranche Tm est, à chaque instant, sollicitée par la pesanteur g et par la force centrifuge $= \frac{v^2}{y} = \frac{V^2 y}{b^2}$, v étant la vitesse de rotation du point m, V celle du point t', centre de l'orifice d'écoulement, et b le rayon $t'B$. Décomposons chacune de ces forces en deux autres, l'une tangente et l'autre normale à la courbe tt'. Les forces tangentes seront les seules auxquelles il sera nécessaire d'avoir égard, et leur expression sera, pour la pesanteur, $g\frac{dx}{ds}$; et, pour la force centrifuge, $\frac{V^2 y\,dy}{b^2\,ds}$; car $\frac{dx}{ds}$ et $\frac{dy}{ds}$ sont les cosinus des angles respectivement formés par les directions de ces forces avec l'élément $mn = ds$. Donc, en vertu du principe de d'A-

lembert et des conditions d'équilibre des fluides, on aura, sur-le-champ, l'équation :

$$\int ds\left(\frac{g\,dx}{ds}+\frac{V^2 y\,dy}{b^2\,ds}\right)-\int\frac{dv\,ds}{dt}$$

L'intégrale de la première partie est, $gx+\frac{V^2y^2}{2b^2}+C$; et, si on nomme C, la valeur de y qui répond à l'extrémité supérieure du tuyau, et h, la hauteur AB, on aura, pour l'intégrale définie de ces deux premiers termes,

$$gh+\frac{V^2}{2b^2}(b^2-C^2).$$

Pour le terme $\int\frac{dv\,ds}{dt}$, $\frac{dv}{dt}$ étant une fonction de la vitesse u d'écoulement et de la section normale X du tuyau, l'idée qui se présente d'abord, est de différencier, par rapport à u et à X, la valeur de $V=\frac{Ku}{X}$, K désignant l'aire de l'orifice de sortie; de substituer dans l'intégrale $\int\frac{dv\,ds}{dt}$, et d'intégrer ensuite par rapport à s, en regardant u comme constant; mais on trouve, sans calcul, la valeur de $\int\frac{dv\,ds}{dt}$, en remarquant que l'intégrale provenant du terme de la différentielle de V, dans lequel u est constant, s'obtient de suite, en remplaçant ds par $v\,dt$, ce qui donne $K\int v\,dv=K\frac{v^2}{2}=\frac{K^3u^2}{2X^2}$. L'autre terme, dans lequel u est variable et X constant,

étant $\frac{K\,du}{X}$, on trouve immédiatement :

$$\int \frac{dv\,ds}{dt} = \frac{K^2\,du}{dt}\int\frac{ds}{X} + \frac{K^2\,u^2}{2\,X^2} + C.$$

L'intégrale étant prise, depuis la section supérieure du tuyau, que j'appelle M, jusqu'à l'orifice K, on aura :

$$\int \frac{dv\,ds}{dt} = \frac{K\,du}{dt}\int\frac{ds}{X} - \frac{K^2\,u^2}{2}\left(\frac{M^2 - K^2}{M^2}\right).$$

Cette équation donnera la vitesse uniforme d'écoulement, en faisant $\frac{du}{dt} = 0$, et l'on trouvera :

$$u^2 = \frac{2\,M^2}{M^2 - K^2}\left(g\,h + \frac{V^2}{2\,b^2}(b^2 - C^2)\right).$$

Pour faire voir l'accord de la formule $PgH - \frac{1}{2}P(V - u)^2$ avec celle donnée par Bossut, je suppose avec cet auteur que le premier élément de la ligne tt' est perpendiculaire à la circonférence décrite par l'extrémité de cette courbe. La vitesse de rotation de ce point étant $\frac{VC}{b}$, et celle de l'eau, suivant l'élément tt'', étant $\frac{Ku}{M}$, la vitesse absolue du fluide sera $\sqrt{\frac{K^2u^2}{M^2} + \frac{C^2V^2}{b^2}}$;

or, il faut que cette dernière soit produite par la pression de l'eau supérieure du réservoir, par conséquent, la hauteur totale

$$H = h + \frac{K^2\,u^2}{2\,g\,M^2} + \frac{C^2\,V^2}{2\,g\,b^2}.$$

Si on substitue la valeur de h dans celle de u^2, il viendra :

$$u^2 = \frac{2\,M^2}{M^2 - K^2}\left(gH - \frac{K^2 u^2}{2\,M^2} - \frac{C^2 V^2}{b^2} + \frac{V^2}{2}\right).$$

On tire de là $u^2 = 2\,g\,H + V^2 - \frac{2C^2 V^2}{b^2}$.

Au moyen de cette expression, la formule $P\,g\,H - \frac{1}{2}P\,(V-u)^2 = P\,g\,H - \frac{1}{2}P\,V^2 - \frac{1}{2}P\,u^2 + P\,V\,u$ devient $-P\,V^2 + \frac{P\,C^2\,V^2}{b^2} + P\,V\sqrt{2\,g\,H + V^2 - \frac{2\,C^2\,V^2}{b^2}}$, c'est identiquement la même que celle de Bossut en faisant

$1 - \frac{C^2}{h^2} = n$, et $V^2 = 2\,g\,f$.

L'application que nous venons de faire, comparée avec la méthode donnée par Bossut, dans son Hydrodynamique, est, je crois, ce qu'il y a de plus propre à montrer combien l'équation des forces vives peut épargner de calculs dans la recherche de l'effet des machines.

J'étendrai aux machines à colonne d'eau la remarque que j'ai faite en second lieu sur les roues à augets. Dans l'essai sur la science des machines, il est dit encore que le piston se soustrait à l'action de l'eau, en raison de sa vitesse acquise, et on trouve en conséquence, pour l'effet, $P\,g\,h - P\,v$; expression inexacte, dont le second terme, d'ailleurs, ne peut être comparé au premier, puisque celui-ci représente une force vive, et l'autre une simple quantité de mouvement. Ce n'est que lorsqu'il s'agit d'un choc que l'on doit avoir égard à la différence des

vitesses; et lorsque le mouvement, non encore parvenu à l'uniformité, se communique par pression, ou que le système change d'état par degrés insensibles, on ne doit faire entrer dans le calcul que la différence entre les forces accélératrices qui ont lieu en vertu de la liaison des élémens du système, et celles qui animeraient chacun de ces élémens s'il était isolé.

Je considérerai de suite le cas général où la hauteur de la colonne est variable pendant le mouvement, et je désignerai par u la vitesse du piston, par p la pression qu'il supporte, et par e l'espace qu'il a parcouru au bout du temps t; pde ou $pudt$ sera évidemment l'effet produit dans l'instant dt, et l'intégrale $\int pudt$, prise entre les limites données, exprimera l'effet total.

Quoique l'expression de $\int pudt$ puisse être donnée immédiatement par le principe de la conservation des forces vives, il n'est, je crois, pas inutile de faire voir comment on peut l'obtenir des principes de l'hydrodynamique.

Soit donc, comme l'indique la figure (4), une machine à colonne d'eau qui ait un tuyau de chute formé de plusieurs branches diversement inclinées, et dont le cylindre C soit vertical; il est permis de supposer que les tranches fluides se meuvent, dans chaque branche, parallèlement à elles-mêmes et perpendiculairement à son axe; or, en vertu de leur action mutuelle, la tranche dont la base est y et l'épaisseur dz, animée de la vitesse v au bout du temps t, recevra, dans l'instant suivant, l'accroissement dv; et, comme elle est sollicitée par la composante $g\ sin.\ a$ de la pesanteur, a étant l'angle formé avec l'horizon par l'axe de la tranche BD,

la vitesse perdue sera $g \sin. a\,dt - dv$. Donc, si on nomme B la barre du piston, les conditions d'équilibre des fluides donneront l'équation $p = \int (g \sin. a + g \sin. a' + \text{etc.})\, B\,dz - B \int \frac{dv}{dt}\,dz$; la somme des premiers termes est $Bg(h-e)$; h étant la distance verticale entre la surface de l'eau dans le réservoir et l'extrémité inférieure de la course du piston. Si maintenant on multiplie chaque membre par udt ou de, et que l'on intègre, il viendra

$$\int pudt = Bghe - \frac{Bge^2}{2} - B\int udt \int \frac{dv}{dt}\,dz;$$

mais à cause de l'incompressibilité du fluide il en passe à chaque instant le même volume, par la section horizontale du cylindre, et par toute section normale y du tuyau de chute; par conséquent $Budt = vydt$. Si on substitue cette valeur dans l'équation précédente, après avoir fait passer, sous le second signe $\int$, la quantité $Budt$, ce qui est permis, car l'intégrale $\int \frac{dv\,dz}{dt}$ est prise en regardant u comme constant et n'est relative qu'à z, on aura $\int pudt = Bghe - \frac{Bge^2}{2} - \int\int v\,dv\,y\,dz$. Remarquons maintenant que ydz est le volume de la tranche fluide qui a pour base y et pour épaisseur dz; ainsi, on peut considérer en particulier le mouvement de cette tranche, et intégrer d'abord par rapport à V; dans ce mouvement, la tranche ydz pourra changer en largeur et en épaisseur, mais ne changera pas de volume, de manière qu'on aura

toujours $ydz = Bde$. On pourrait aussi commencer l'intégration relativement à z, mais il faudrait préalablement remplacer vdv par sa valeur tirée de l'équation $V = \frac{Bu}{y}$, en faisant varier à-la-fois u et y.

D'après cela, $\int vdvydz = \frac{V^2}{2}ydz + Cydz$.

Si le réservoir n'était rempli que par intervalle et que le volume total de la colonne d'eau restât constant pendant le mouvement, C serait toujours nul; mais on suppose que le niveau de l'eau ne change pas, et qu'à mesure que la tranche supérieure du réservoir descend d'une hauteur dz, elle est remplacée par une autre qui reçoit une vitesse V' des tranches inférieures, en vertu de l'adhérence réciproque des molécules fluides; c'est, en effet, le cas le plus ordinaire de la pratique où le réservoir répare ses pertes par un affluent latéral; la quantité C devient alors $\frac{v'^2}{2}$. Ainsi on aura $\int pudt = Bghe - \frac{Bge^2}{2} - \int \frac{v^2 y dz}{2} - \int \frac{v'^2}{2} Y d Z$; Y et dZ étant ce que deviennent y et dz au niveau de l'eau du réservoir. L'intégrale $\int \frac{v^2 y dz}{2}$ doit être prise depuis ce niveau, par rapport à z, et en regardant u comme constant, jusqu'à la limite supérieure de la course du piston.

L'autre intégrale n'est seulement relative qu'aux tranches de fluide introduites pendant le mouvement, et doit être prise à-la-fois par rap-

port à u et à e. L'expression de $\int p\,u\,dt$ pourra donc être mise sous cette forme, en remplaçant

$$V \text{ par } \frac{Bu}{y},\ V' \text{ par } \frac{Bu}{Y} \text{ et } dz \text{ par } \frac{Bde}{Y},$$

$$\int pudt = Bghe - \frac{Bge^2}{2} - \frac{B^2u^2}{2}\int\frac{dz}{y} - \frac{B^3}{2Y^2}\int u^2 de.$$

L'intégrale $\int\frac{dz}{y}$ est purement géométrique et ne dépend que de la forme des tuyaux. Si, par exemple, ils sont d'égal diamètre, $\int\frac{dz}{y}$ deviendra $\frac{l}{\frac{1}{4}\pi d^2}+\frac{e}{B}$, l étant la longueur développée de l'axe des tuyaux de chute et d leur diamètre commun. $\frac{e}{B}$ est évidemment la partie de $\int\frac{dz}{y}$ qui se rapporte à l'espace e parcouru par le piston dans le cylindre principal. En général, représentons par N, la valeur de $\int\frac{dz}{y}$ relative aux tuyaux de chute, et substituons dans l'équation précédente, l'expression $N+\frac{e}{B}$, à la place de cette intégrale, nous aurons :

$$(A)\ \int pudt = Bghe - \frac{Bge^2}{2} - \frac{Bu^2e}{2} - \frac{B^2u^2N}{2} - \frac{B^3}{2Y^2}\int u^2\, de.$$

Telle est l'expression générale de l'effet de la machine à colonne d'eau. Le dernier terme, qui dépend de la relation entre la vitesse et l'espace

parcouru, sera toujours négligeable à cause du facteur $\frac{B^2}{2Y^2}$ qui est toujours très-petit.

Je passe maintenant à la recherche de la vitesse u du piston en fonction de l'espace e, et à celle du temps employé à chaque oscillation.

Pour fixer les idées, je choisis le cas le plus ordinaire où les vitesses v, v', v'' etc., des élémens matériels m, m', m'' etc., qui composent la résistance et les diverses pièces de la machine, sont proportionnelles à la vitesse u du piston et ne dépendent point de la variable e, de manière qu'on a $v = cu$, $v' = c'u'$ etc. Je suppose aussi que l'action du moteur est intermittente; telle serait, par exemple, une machine à colonne d'eau servant à l'épuisement des eaux d'une mine. Si on représente, par M, la somme des masses à élever, $\varphi(u)$ celle des résistances provenant du frottement, soit des parties solides les unes contre les autres, soit de l'eau contre les parois des tuyaux, ces masses et ces résistances rapportées à l'extrémité de la tige du piston, les principes de d'Alembert et des vitesses virtuelles donneront l'équation :

$$pde = Mgde + \varphi(u)de + Kudu;$$

le terme $Kudu$ étant l'équivalent de $\Sigma mvdv = mvdv + m'v'dv'$, etc., substituant cette valeur dans la différentielle de l'équation (A), prise par rapport aux variables e et u, on obtiendra :

$$(B)\ Mgde + \varphi(u)de + Kudu = Bg(h-e)de$$
$$- B^2Nudu - Beudu - \frac{Bu^2de}{2} - \frac{B^3}{2Y^2}u^2de.$$

Il faut avoir maintenant une expression de

$\varphi(u)$ qui, non-seulement, soit exacte, mais rende l'intégration possible, sinon immédiatement, du moins, par le moyen d'un facteur. Or, M. Prony a prouvé (*Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes*) que la résistance due au frottement de l'eau, dans les tuyaux de conduite, pouvait être représentée par la formule

$$\pi d l (0{,}000\,17\, v + 0{,}003416\, v^2);$$

d est le diamètre du tuyau, l sa longueur, et v la vitesse de l'eau. Si on introduisait cette formule dans l'équation précédente, celle-ci ne serait point intégrable par les moyens connus; heureusement que le premier terme dont le coefficient est, comme on voit, vingt fois plus petit que celui de v^2, peut être négligé sans erreur sensible. En effet, pour avoir une idée du peu d'influence qu'il a dans la loi du mouvement des machines à colonne d'eau, prenons, pour exemple, un tuyau de chute dont le développement soit de 100 mètres, la hauteur verticale de 80 mètres, et qui ait 20 centimètres de diamètre, l'eau étant supposée avoir une vitesse de 4 mètres par seconde. Mais avant de réduire en nombre l'expression précédente de la résistance au moyen de ces données, je fais observer, si on veut évaluer celle-ci en kilogrammes, qu'il faut préalablement diviser les deux termes dont elle se compose, par la force accélératrice de la pesanteur $= 9^m,808$, et les multiplier par la pesanteur spécifique de l'eau, qui sera ici le poids d'un mètre cube d'eau, c'est-à-dire, 1000 kilogrammes : car leur somme représente la pression qui fait équilibre à la résistance du fluide dans les tuyaux de conduite, lorsque le mouvement

a atteint l'uniformité. Faisant la substitution et les calculs que je viens d'indiquer, on trouvera 4 kilogrammes, résultat tout-à-fait insensible, eu égard à la force motrice.

Nous pouvons donc nous borner au second terme de la formule précédente, auquel nous en ajouterons un autre $\Sigma R v^2$ de même forme, et qui représentera la résistance que l'eau éprouve, soit au passage du robinet, soit dans les coudes des tuyaux. Cette résistance, principalement due au choc de l'eau, doit être en raison directe du carré de la vitesse.

Quant aux frottemens des solides, ils sont de deux sortes : ceux des pistons, et que l'on peut considérer comme constans, et ceux autour des axes, et qui sont proportionnels aux pressions produites par le poids des parties mobiles de la machine et par les tractions qui les sollicitent. Celles-ci varient en général avec la vitesse u et la force accélératrice $\frac{du}{dt}$, et l'on ne peut calculer, en toute rigueur, les frottemens qui en résultent, que lorsque les tractions qui agissent sur chaque partie de la machine mobile autour d'un axe sont parallèles, ce qui ne change point la forme de l'équation (B). Dans tout autre cas, le problème, s'il ne devient insoluble, présente les plus grandes difficultés, parce que l'équation différentielle renfermerait les carrés de $\frac{du}{de}$ et la quatrième puissance de la vitesse; mais on peut encore ici avoir une approximation suffisante, en calculant les frottemens sans avoir égard aux variations de u et de $\frac{du}{de}$, et comme s'il

s'agissait d'un équilibre où la puissance fût sur le point de prévaloir. Ainsi, nous adopterons pour $\varphi(u)$ l'expression suivante :

$$R' + \Sigma R v^2 + \Sigma \pi D l (0{,}003416 v^2)$$

et nous aurons

$$(M + R') de + de \Sigma R v^2 + \Sigma \pi D l (0{,}003416 v^2) de + K u du$$
$$= B g (h - e) de - B^2 N u du - B e u du - \frac{B u^2 de}{2};$$

à la rigueur, on devrait encore comprendre dans l'équation précédente un terme de la forme $\pi D' e (0{,}003416 u^2)$, et exprimant la résistance variable due à l'eau contenue dans le cylindre d'ascension, quand le piston a parcouru l'espace e. Mais, comme dans toutes les suppositions possibles, cette résistance ne peut avoir qu'une influence extrêmement petite dans les résultats, à cause du très-peu de hauteur du cylindre relativement à la colonne entière, et que la vitesse u est toujours beaucoup plus petite que la vitesse v, puisqu'elles sont en raison inverse des carrés du diamètre du tuyau et du piston ; cette résistance, dis-je, pourra encore être négligée, ce qui simplifiera l'expression de la vitesse.

Je remplace maintenant v par sa valeur $\frac{Bu}{b}$, b étant la section d'un tuyau perpendiculaire à son axe ; je fais $Bgh - M - R' = A$, $Bg = A'$, $B^2 N + K = C$, $u^2 = S$, $\Sigma R \frac{B^2}{b^2} + \Sigma \pi D l \left(0{,}003416 \frac{B^2 u^2}{b^2}\right) = C'$, et j'ai $de (C'S - A + A'e) = ds \frac{(2C + Be)}{2}$. (1)

Cette équation ne satisfaisant aux conditions d'intégrabilité que dans le cas particulier où $\frac{B}{2} = C'$, il faut chercher un facteur qui la rende immédiatement intégrable, quel que soit le rapport de B à C', soit z ce facteur ; il doit être tel que l'on ait :

$$\frac{d[z(C'S-A+A'e)]}{ds} = \frac{d\left[z\frac{(2C+Be)}{2}\right]}{de}.$$

En prenant la différentielle du premier membre par rapport à S, et celle du second par rapport à e, on trouvera $\frac{dz}{ds}(C'S-A+A'e) -$

$$\frac{dz}{de}\frac{(2C+Be)}{2} - \frac{Bz}{2} + C'z.$$

Comme il y a une infinité de facteurs propres à remplir les conditions d'intégrabilité, il suffit de satisfaire à cette équation. Or, en supposant z indépendant de S, le premier terme disparaît, et les variables de l'équation restante se séparent immédiatement. En effet, on a :

$\frac{dz}{2} = -\left(\frac{B-2C'}{2C+Be}\right) de$, d'où l'on tire

$z = (2C+Be)^{\frac{2C'-B}{B}}$; multipliant par ce facteur les deux termes de l'équation (1), il viendra :

$$ds(2C+Be)^{\frac{2C'}{B}} + 2de(C'S-A+A'e)$$

$$(2C+Be)^{\frac{2C'-B}{B}} = 0.$$

Celle-ci étant maintenant une différentielle complète ; son intégrale s'obtiendra en prenant séparément celle du premier terme par rapport à S, et y ajoutant une fonction de e qui se déterminera en comparant, avec l'équation précédente, la différentielle des deux termes

$S(2C+Be)^{\frac{2C'}{B}}+\phi e$, ce qui donnera d'abord

$$\frac{d(\phi e)}{de}=-2A(2C+Be)^{\frac{2C-B}{B}}+2A'e$$

$(2C+Be)^{\frac{2C'-B}{B}}$; d'où l'on tire, après les calculs et les réductions, $\phi e=-(2C+Be)^{\frac{2C'}{B}}$

$$\left(\frac{2A}{2C'}+\frac{2A'C}{C'(B+2C')}-\frac{2A'e}{B+2C'}\right)+\text{const.}$$

Comme e désigne l'espace parcouru par le piston, on a en même temps $e=o$ et S ou $u^2=o$, et par conséquent pour la valeur de la constante,

$$2C^{\frac{2C'}{B}}\left(\frac{2A}{2C'}+\frac{2A'C}{C'(B+2C')}\right).$$

L'intégrale définie sera donc

$$(2C+Be)^{\frac{2C'}{B}}\left(S-\frac{2A}{2C'}-\frac{2A'C}{C'(B+2C')}+\frac{2A'e}{B+2C'}\right)$$
$$=-2C^{\frac{2C'}{B}}\left(\frac{2A}{2C'}+\frac{2A'C}{C'(B+2C')}\right)$$

et on aura pour S la valeur suivante :

$$S=\frac{2A}{2C'}+\frac{2A'C}{C'(B+2C')}-\frac{2A'e}{B+2C'}-\left(\frac{1}{1+\frac{Be}{2c}}\right)^{\frac{2C'}{B}}$$

$\left(\frac{2A}{2C'}+\frac{2A'C}{C'(B+2C')}\right)$ équation de la forme

$$S=M-ne-\left(\frac{m}{1+\frac{Be}{2C}}\right)^{\frac{2C'}{B}}$$

C'est celle d'une hyperbole du degré $B+2C'$ et qui a pour asymptote la ligne droite représentée par l'équation $S=M-n\,e$; car la quantité

$\left(\frac{m}{1+\frac{Be}{2C}}\right)^{\frac{2C'}{B}}$ devient nulle quand e est infini.

Si la disposition de la machine était telle que la hauteur verticale de la colonne d'eau ne variât point pendant le mouvement, le terme $Bg\,(h-e)\,de$ de l'équation différentielle serait simplement $Bghde$, A' disparaîtrait de la valeur de S, et on aurait S ou $u^2=\frac{A}{C'}-$

$\frac{A}{C'}\left(\frac{1}{1+\frac{Be}{2C}}\right)^{\frac{2C'}{B}}$, résultat qui semblerait faire

voir que, dans cette machine, la plus grande valeur de S, ou la limite dont s'approche la vitesse du piston, est $\frac{A}{2C'}$; mais ce résultat n'étant

vrai que pour lés petites valeurs de e, cette conclusion ne peut avoir lieu, et dans ce cas, comme lorsque le cylindre est vertical, la vitesse ne peut devenir constante, puisque dans la supposition où le piston aurait une course indéfinie, la résistance provenant du frottement de l'eau contre les parois du cylindre, croissant proportionnellement à e et à u^2, ne peut plus être négligée. Il n'y aurait qu'un maximum de vitessse, dont l'équation différentielle donnerait seulement l'expression, en y faisant $\frac{ds}{de}=0$, après y avoir introduit un terme de la forme $R''es$, représentant le frottement de l'eau contenue dans le cylindre, quand le piston a parcouru l'espace e. La vitesse ayant atteint ce maximum, diminuera ensuite jusqu'à devenir nulle.

L'expression générale du temps de la levée du piston, déduite des valeurs de u^2, serait trop compliquée pour être utile; mais on pourra y suppléer par la formule $u=\frac{de}{dt}$, si, en effet, on divise la course du piston en un nombre n de parties assez petites, pour que chacune d'elles, supposée égale à de, soit parcourue d'un mouvement sensiblement uniforme; et si on calcule la vitesse correspondante à chaque division, au moyen de l'une ou de l'autre des formules précédentes, selon que la hauteur verticale de la colonne est constante ou variable, l'équation $u=\frac{de}{dt}$ donnera $dt=\frac{de}{u}$, et la valeur qui s'en suivra pour dt, sera d'autant plus exacte que les

divisions seront plus nombreuses ; de sorte que u, u', u'', étant les différentes vitesses avec lesquelles le piston parcourt successivement le petit espace de, le temps total T, que le piston emploie à fournir sa course, sera équivalent à $\frac{de}{u} + \frac{de}{u'} + \frac{de}{u''} +$ etc. Comme le cylindre d'ascension a ordinairement 2 mètres de longueur, il suffirait de calculer $\frac{de}{u}$, de 4 en 4 décimètres.

Lorsque le piston descend, il n'est soumis qu'à l'action des forces accélératrices constantes, et il est alors toujours facile de calculer le temps qu'il emploie à revenir à sa première position.

Le cas que nous venons de considérer se rapporte aux machines à colonne d'eau à simple effet, où la vitesse du piston est sans cesse variable, depuis zéro jusqu'à celle qu'il possède à l'extrémité de sa course. Mais si, par une disposition quelconque, la machine devenait à double effet, c'est-à-dire, si la colonne agissait sans interruption, il faudrait employer un volant qui, comme on le sait, aurait la propriété de rendre le mouvement à fort peu près uniforme. Ainsi, la vitesse u du piston, et par suite, celles des autres parties du système, pourraient être regardées comme constantes, où du moins la vitesse moyenne en différerait d'une quantité très-petite qu'on pourrait négliger sans erreur appréciable. Si donc on supprime dans l'équation (B) les termes affectés de la différentielle du, relatif au moment d'inertie des parties de la machine et de la colonne motrice, que l'on désigne par H la hauteur moyenne de cette co-

lonne, et par U la vitesse moyenne du piston, il viendra, en divisant par de:

$$Mg + \varphi(U) = BgH - \frac{BU^2}{2} - \frac{B^3U^2}{2Y^2}$$

ou, plus simplement, en négligeant encore le dernier terme à cause du facteur $\frac{B^3}{2Y^2}$, toujours très-petit, comme c'est l'ordinaire, si la surface Y du réservoir est très-grande relativement à la base B du piston :

$$Mg + \varphi(U) = BgH - \frac{BU^2}{2}.$$

On a vu précédemment qu'on pouvait prendre pour $\varphi(U)$, l'expression

$$R' + \Sigma R \frac{U^2B^2}{b^2} + \Sigma \pi Dl(0{,}00341\ldots);$$

on aura donc, en désignant par C', le coefficient de U^2, $BgH - Mg - R' = C'U^2$.

Telle serait alors la relation entre la vitesse moyenne U, la hauteur H, la base B du piston, et les résistances à vaincre.

L'effet de la machine, pour le cas qui nous occupe, se déduirait de l'équation (A) en supposant u constant et égal à U, et en prenant $\int pudt$ entre les limites $e = o$, $u = U$ et $e = E$, ce qui donnerait : $BgHE - \frac{BU^2E}{2}$;

et $BgHE - BE\frac{(BgH - Mg - R')}{C'}$,

après avoir substitué la valeur de U tirée de l'équation précédente. En doublant cette quantité, on aurait l'effet correspondant à chaque oscillation du piston.

MÉMOIRE

Sur les minerais de fer des houillères, ou fer carbonaté lithoïde;

Par M. de GALLOIS, Ingénieur en chef au Corps royal des Mines.

Les minéralogistes ont connu de tout temps des minerais de fer terreux; mais les chimistes n'y ayant indiqué que de *l'oxide de fer*, ils les ont considérés comme tels. Cependant, ils y avaient reconnu des caractères assez différens des autres oxides de fer, pour les autoriser à les classer séparément.

Werner, et avec lui tous les minéralogistes allemands, après avoir décrit les deux espèces d'oxide de fer, qui cristallisent et qui ont l'éclat métallique, le fer oxidulé (*magneteisenstein*) et le fer oligiste (*eisenglanz*), ont formé d'abord deux autres espèces d'oxide de fer, qui ont souvent la texture fibreuse, et qui comprennent les hématites; elles sont distinguées l'une de l'autre par leur couleur, ou, au moins, par celle de leur poussière: l'une est rouge (mine de fer rouge, *rotheisenstein*), l'autre est brune (mine de fer brune, *brauneisenstein*). Enfin ils forment une cinquième espèce, qui est encore regardée comme un oxide de fer, sous le nom de fer argileux (*thoneisenstein*, ou *thonartiger eisenstein*), sans doute parce qu'il est en général plus mélangé de matières terreuses que les autres, et que dans beaucoup de cas il a, au moins en partie, la cassure terreuse.

Celui-ci comprend un grand nombre de variétés assez différentes, et se partage en plusieurs sous-espèces. On n'y voit jamais de tissu fibreux, quoique souvent il soit concrétionné. Sans entrer ici dans tous ses caractères, on peut remarquer que certaines variétés ont la raclure jaune et d'autres la raclure grise; d'autres enfin, mais très-rarement, la raclure rouge. Les premières ont de grands rapports avec la mine de fer brune, les dernières avec la mine de fer rouge. Les minéralogistes allemands indiquent le terrain houiller parmi les gisemens de ce fer argileux, mais sans spécifier nettement celle des trois variétés à laquelle ce gisement se rapporte. Ils forment enfin une sixième espèce d'oxide de fer, sous le nom de *mine de fer des gazons* (raseneisenstein), qui donne une raclure jaune, et qui a beaucoup de rapports avec les fers argileux dont la poussière a cette couleur.

M. Brochant, dans le *Traité de minéralogie*, publié il y a seize ans, d'après les principes de Werner, a suivi cette classification, qui est encore adoptée aujourd'hui en Allemagne.

M. Haüy a compris dans son *Traité* les quatre dernières espèces des minéralogistes allemands, en une seule, sous le nom de fer oxidé. Dans son *Tableau* publié en 1809, il a réuni au fer oligiste les variétés rouges de fer oxidé.

M. Brongniart a suivi la même classification; seulement il a subdivisé le fer oxidé en deux sous-espèces, rouge et brun, et il a décrit séparément les variétés décidément terreuses, qu'il regarde comme du fer oxidé mélangé.

Cette marche était en effet la seule que l'on pût suivre à ces époques. Mais depuis, les chi-

mistes ont obtenu des résultats qui ont éclairé sur la nature des fers oxidés : ils ont reconnu que ceux qui donnent une raclure jaune, sont des *hydrates de fer*; on trouve cette espèce dans tous les terrains, mais plus ordinairement près de la surface et dans les terrains récens; elle forme la plus grande partie des minerais traités en France et dans plusieurs parties de l'Allemagne; d'une autre part, les chimistes ont aussi examiné le fer oxidé terreux à raclure grise, et ont reconnu qu'il était composé de *carbonate de fer*. Ce minerai ressemble au calcaire compacte et aux argiles endurcies; mais on le distingue facilement par sa pesanteur et par la couleur brun-rouge qu'il prend au feu. Il appartient aux terrains houillers, et il est exclusivement employé dans les forges d'Angleterre.

Ainsi se trouve expliquée l'incohérence que présentaient les fers argileux de Werner, à raclure jaune et à raclure grise, et on voit qu'ils constituaient réellement deux espèces très-différentes par leur composition chimique, par leur gisement, et, sous beaucoup de rapports, par leur emploi économique.

Cependant M. Jameson, dans son *Traité de minéralogie*, publié en 1816, a encore suivi l'ancienne classification de Werner, quoiqu'il ait eu connaissance des différences chimiques qui distinguent les divers minerais de fer argileux, et qu'il ait rapporté les analyses qui les constatent. Il en est de même dans le *Traité de minéralogie* de MM. Hoffmann et Breithaupt, dont le volume qui traite des mines de fer a été publié en 1816; mais les auteurs ne paraissent pas avoir eu connaissance des analyses dont je viens de parler.

Les détails dans lesquels je suis entré étaient nécessaires pour mettre plus d'ordre et de clarté dans le sujet que je me propose de traiter ; mais c'est du *fer carbonaté des houillères* dont je vais uniquement m'occuper dans ce mémoire.

Son aspect pierreux, et le défaut de données sur l'emploi qu'on en fait en d'autres pays, a sur-tout contribué à le faire négliger en France. Il n'avait pas même été admis dans les collections de minéralogie; ou du moins, s'il y figurait, c'était à raison de quelque bizarrerie, telle que le *ludus helmontii*, ou les cellules polygones des minerais décomposés du Derbyshire ou des empreintes, des coquilles, etc., qu'il renfermait.

Les notions exactes que nous avons sur ce minerai datent de l'occupation du Palatinat par nos armées, lorsque l'établissement de Geislautern a appartenu à l'administration des mines de France. M. Lenoir envoya, il y a environ seize ans, au laboratoire des mines, plusieurs échantillons. M. Drappier en fit le premier l'analyse. Les résultats ne furent point publiés; mais bientôt après M. Descostils les répéta, et il les inséra dans le *Journal des Mines*. Les caractères chimiques du minerai furent enfin déterminés, et on reconnut qu'il était composé de carbonate de fer uni à des terres et de l'eau. MM. Lenoir, Berthier, Clere et Guenyveau (1) en recueillirent

(1) M. Guenyveau trouva de ce minerai, mais sous une autre forme, il y a environ douze ans, entre Saint-Chamond et Saint-Étienne, dans le terrain houiller de la Loire. Une fosse de quelques pieds de profondeur a été creusée, et plusieurs quintaux de minerai en ont été extraits. Le minerai consistait en noyaux de *grès ferrifère micacé*, à gros grains, empâtés dans le grès dur. A la surface du sol ce minerai est

des échantillons sur divers points de la France, et de nouvelles analyses furent faites par MM. Berthier et Leboulanger. C'est donc au laboratoire de l'École des Mines qu'on est redevable de cette découverte.

On savait d'une autre part que les Anglais employaient un minerai différent de ceux qu'on traite en France.

M. de Bonnard le décrit brièvement dans un mémoire inséré, il y a environ douze ans, dans le *Journal des Mines*, à l'occasion d'un voyage qu'il fit en Angleterre. M. Tonnellier, dans une notice sur des renseignemens donnés par M. Smith, américain, également insérés dans

---

d'un jaune de rouille facile à reconnaître; mais à une certaine profondeur il est gris, et on le confond alors avec le grès ordinaire. Nous citerons, dans le corps du Mémoire, plusieurs exemples de cette altération, et nous ferons voir que le minerai de *fer carbonaté des houillères* passe à l'état de *fer hydraté* lorsqu'il est exposé à l'air. A l'époque dont on parle, on ne le connaissait encore que sous cette dernière forme, et il paraît, d'après cela, que la difficulté de retirer du grès solide de ces masses isolées, et leur changement d'aspect dans le sein de la terre, ont été les causes du peu de suite qu'on a donné à cette tentative, qui a aussitôt été abandonnée que commencée.

Les autres indices de minerais de fer, dont il a pu être question à Saint-Étienne, se rapportent à des argiles, à des grès, et à des schistes rouges en décomposition, que l'on voit principalement près de *Valbenoiste*, de *Firminy* et de *Latour;* mais ces matières ne sont que colorées par de l'oxide de fer; elles sont stériles et n'ont aucun rapport avec le fer carbonaté des houillères. On peut affirmer que tout ce qui a été dit ou fait dans ce pays-ci, au sujet de minerais de fer, était enseveli dans la plus profonde obscurité, et comme non avenu avant que j'aie fait connaître ceux que je décris dans ce Mémoire: encore ne suis-je parvenu moi-même à fixer quelque attention sur cette découverte, qu'en surmontant les préjugés les plus opposés sur le parti utile que l'on pouvait en retirer.

le journal, présente plus de détails. Les minéralogistes étrangers, et sur-tout M. Karsten, recueillirent des annotations très-étendues sur les diverses localités où ce minerai se trouvait, tant en Angleterre qu'en Prusse, où, à l'imitation de l'Angleterre, il est traité depuis plus de douze ans. M. Héron de Villefosse en cite un grand nombre dans le premier volume de la *Richesse minérale*, et indique la réunion presque constante des mines de houille et des mines de fer dans ces contrées. Enfin Jars, dans ses *Voyages métallurgiques* (en 1774), avait déjà mis sur la voie peut-être plus clairement qu'on ne l'a fait depuis lui. Car, en rendant compte de masses qui se trouvaient dans une couche de houille en Écosse, il dit : « La nature du minerai ou *pierre de fer* est d'un gris noir, d'un » grain serré, et ne ressemble à aucun des minerais de fer que j'ai vus jusqu'à présent.... Ce » minerai de fer rougit en le grillant ; après le » grillage il ressemble à un minerai de fer ordinaire. Cette espèce de *pierre de fer* est non-seulement très-commune dans l'Ecosse, mais » aussi dans le nord de l'Angleterre ; renfermée » toujours dans les mêmes couches, et au-dessus d'un lit de charbon. » (vol. 1er., page 272.) Ces caractères suffisaient pour provoquer des recherches dans toutes les mines de houille de la France.

Les données les plus essentielles existaient donc. Les dernières analyses faites par M. Descostils sur les minerais de Coal-Brookdale étaient très-importantes, puisqu'elles prouvaient une parfaite analogie entre les minerais d'Angleterre, ceux de Sarrebruck et ceux trouvés acciden-

tellement en France (*Annales de Chimie*, 1813). Cependant on s'était peu appliqué à saisir ces analogies; une définition complète de leur nature et de leur gisement manquait encore. Ces données ayant été présentées partiellement dans des mémoires, les faits ont été considérés isolément, et appréciés par peu de personnes. Les minerais de Sarrebruck furent regardés comme propres au sol, les autres localités indiquées en France comme des exceptions peu importantes, et nos maîtres de forge, nos exploitans de mines de houille restèrent convaincus que les mines de houille d'Angleterre renfermaient une espèce de minerai de fer, dont les nôtres étaient dépourvues.

Frappé des riches dépôts des mines de l'*Illyrie*, j'ai cru y observer plus d'uniformité qu'on ne le croit ordinairement; et, guidé par les renseignemens vaguement énoncés qui me sont parvenus sur le minerai de fer anglais, j'ai soupçonné qu'il se rattachait à un fait général (1). De retour en France, je m'occupai à vérifier mes conjec-

(1) Ces observations sont consignées dans un Mémoire, adressé à la Direction des Mines en 1809. J'avais pris à tâche de prouver que la découverte de la plupart des mines et l'importance qu'elles acquièrent dans des pays riches en exploitations, étaient dues plus au genre d'industrie, à la bonne administration et à la persévérance des hommes, qu'au hasard et à des accidens du sol; que chaque nature de terrain, convenablement caractérisé, renferme assez généralement l'espèce de minerai qui lui est propre, et que l'on en trouverait plus fréquemment qu'on n'ose l'espérer, si on savait bien les chercher; que le sol français était aussi abondamment pourvu en minéraux que les autres contrées de l'Europe; seulement, qu'il était beaucoup moins connu, et que nous manquions encore de l'expérience nécessaire pour mettre en valeur ces richesses.

tures; et, appelé à St.-Etienne, j'étais tellement persuadé que des minerais de fer existaient dans ce bassin houiller, que j'avais préparé un travail à ce sujet avant de le visiter. Je m'assurai bientôt, en 1814, de plusieurs gisemens considérables, et je fis des essais docimastiques sur un grand nombre de variétés de minerai de fer, dont j'ai rendu compte à M. le directeur général des Ponts et chaussées et des Mines.

Aujourd'hui la matière semble éclaircie; la nature est plus libérale qu'on ne l'avait présumé. Le fer n'appartient point à quelques terrains houillers privilégiés. Il serait contre toute analogie de supposer le contraire; car puisque la houille se trouve accompagnée des *mêmes grès* et des *mêmes schistes* en Angleterre, en France et par-tout, les mines de houille appartiennent donc à une même formation; elles ont dû être déposées par les mêmes causes, aux mêmes époques, avec les mêmes matières et les mêmes circonstances.

L'étude que je viens de faire des mines de houille et de la constitution géologique de l'Angleterre, la certitude que j'ai acquise que toutes les mines de houille étaient en même temps des mines de fer; de grandes et magnifiques applications de ce principe dont j'ai été spectateur à Dudley et dans la principauté de Galles, où les établissemens sont si propres à exciter le goût le plus vif pour l'industrie, et en faire sentir la haute importance, m'ont déterminé à appeler l'attention sur de semblables richesses minérales que possède la France.

Je vais passer à la description des minerais que j'ai découverts à St.-Etienne et à Rive-de-

Gier; je les comparerai avec ceux d'Angleterre; j'essaierai ensuite de les classer en les considérant métallurgiquement.

Minerais de la Loire comparés avec ceux d'Angleterre.

Les minerais de fer de la Loire peuvent être considérés dans quatre états ou gisemens :

1°. Les grès ferrifères;

2°. Les minerais compactes;

3°. Les minerais noirs bitumineux;

4°. Les minerais qui ont pris la place de gros végétaux.

A mesure que j'entrerai dans les détails, je rendrai successivement compte des essais au creuset, et des analyses par la voie humide, que M. Leboulanger et M. Berthier ont bien voulu entreprendre, à ma sollicitation, sur une grande variété d'échantillons que j'ai déposés au cabinet de l'Ecole royale des Mines, au mois d'avril 1816 (1).

1°. Les grès ferrifères n'ont pas été distingués jusqu'à présent des grès stériles; les premiers que j'aie observés sont ceux de Rive-de-Gier. Leurs grains sont toujours apparens, quelquefois assez serrés. On y distingue du quarz, du carbonate de chaux, des points gris et noirs, qui sont probablement le carbonate de fer et du mica. La couleur de ces grès varie du gris clair au gris cendré ou enfumé; exposés aux intempéries, ils prennent une teinte jaunâtre ou rougeâtre à la

(1) M. Berthier se propose de publier incessamment, dans les *Annales des Mines*, le détail des analyses des minerais de la Loire, auquel il joindra ceux d'autres minerais recueillis sur divers points du sol français.

surface, et principalement sur les bords et sur les angles; leur cassure est grenue, terreuse, droite à vive arête; ils sont plus durs et plus pesans que le grès ordinaire, et très-résistans aux outils. La pesanteur spécifique varie de 2,70 à 3,00. Ils sont ordinairement pauvres en fer; mais ils mériteraient cependant d'être traités dans beaucoup de cas, sur-tout en les mélangeant avec des minerais riches. Ils rendent au creuset depuis 8 jusqu'à 22 de fonte de fer sur 100 de minerai cru. Ils perdent, par le grillage, de 0,13 à 0,20. Par cette opération leur poussière devient d'un rouge briqueté, d'autant plus foncée et plus attirable à l'*aimant* que les minerais sont plus riches, ce qui offre un moyen simple pour les reconnaître. A un feu violent, les grès ferrifères sont fusibles et réductibles sans addition dans un creuset brasqué; mais en ajoutant depuis $\frac{1}{4}$ jusqu'à $\frac{1}{3}$ de chaux, on facilite la fusion et on augmente le produit. L'analyse faite sur plusieurs échantillons pris à Rive-de-Gier, a donné de 0,19 à 0, 49 de carbonate de fer (de 0,12 à 0,30 de protoxide de fer), de 0,27 à 47 de silice, de 0,03 à 0,06 d'alumine; de 0,04 à 0,13 de carbonate de chaux; de 0,005 à 0,03 de carbonate de magnésie; enfin de 0,06 à 0,08 d'eau. Quelques échantillons n'ont point renfermé de *chaux*, d'autres point de *magnésie*, et dans un on a trouvé trois millièmes d'*acide phosphorique*. L'échantillon venait du *Mouillon* à Rive-de-Gier; sa pesanteur spécifique était de 3,00, et il a rendu 0,17 de fonte de fer à l'essai.

Ils sont presque toujours disposés en couches continues, quelquefois en masses sphéroïdales isolées, empâtées dans le grès stérile. Les couches

sont parallèles à celles du terrain, et elles se trouvent plus ou moins distantes les unes des autres; leur épaisseur est souvent de 4 à 6 pouces, et elles excèdent rarement un pied. Les ouvriers les appellent *manifères*, à cause de leur dureté et de leur pesanteur. On ne fonce guère de puits sans traverser de ces couches.

Les *affleuremens* des *grès ferrifères*, c'est-à-dire, lorsque les couches continues se présentent au jour, éprouvent diverses altérations qui peuvent servir à les distinguer des grès stériles; ils se forment des fissures qui s'entre-croisent et divisent la couche en *losanges*. Les surfaces de séparation prennent une teinte de rouille qui pénètre plus ou moins intérieurement; elle est sur-tout plus forte sur les angles. Cette couleur est dûe à la décomposition du fer carbonaté et à son passage à l'état de fer hydraté. Plus il y a de fer, plus l'effet est marqué, et la couche finit par être divisée en une suite de masses sphéroïdales, résultats de l'arrondissement des losanges tracées par les fissures. Ces masses sphéroïdales sont alors formées, au moins à leur surface, de croûtes *testacées* concentriques, peu solides, et qui se détachent les unes des autres : le centre est quelquefois intact.

J'ai remarqué ce grès ferrifère avec de semblables altérations dans les terrains houillers d'Angleterre. Je crois que le grès dur, nommé *whin* par les mineurs de *Newcastle*, appartient en grande partie à cette variété. Mais je ne l'ai vu exploité nulle part comme minerai de fer; il est probablement trop pauvre pour être traité, relativement aux autres espèces de minerais; peut-être aussi sa qualité métallifère et sa fusi-

bilité ne sont point encore suffisamment connues.

2°. Les minerais compactes sont les seuls connus jusqu'à présent; mais on les confond encore, dans les ouvrages de minéralogie, sous le nom de minerai argileux, avec le fer hydraté, et probablement avec d'autres espèces, ainsi que nous l'avons dit en commençant ce mémoire. Leur couleur varie du gris clair au gris foncé enfumé, bleuâtre ou brunâtre. Exposés à l'air, ils deviennent plus foncés; ils renferment assez souvent des empreintes végétales, et dans quelques localités des coquilles (1); par insufflation, ils répandent une forte odeur argileuse; ils happent légèrement à la langue; ils sont maigres au toucher; leur cassure est généralement terreuse, unie, quelquefois conchoïde aplatie, d'autres fois parallèle et un peu schisteuse; la pâte en est, en général, fine et très-serrée. Les fragmens sont anguleux et indéterminés, quelquefois aigus; la poussière de ces minerais est grise; ils se laissent racler au couteau; ils sont médiocrement durs; ils sont assez fragiles en morceaux étendus ou minces; mais arrondis et réduits à un petit volume, ils résistent considérablement au marteau. Leur pesanteur spécifique varie de 3,03 à 3,40. Ils perdent au feu de 0,18 à 0,31 de leur poids, et rendent au creuset de 0,30 à 0,36 de fonte sur le minerai cru, ou de 0,44 à 0,50 sur le minerai grillé. Par le grillage ils prennent une teinte d'un rouge brun très-intense. On y a trouvé par l'analyse de 0,65 à 0,74 de

(1) Il y en a même, dans le pays de Sarrebruck, qui renferment des empreintes de poissons. Je n'en ai remarqué nulle part ailleurs.

carbonate de fer (de 0,40 à 0,46 de protoxide de fer), de 0,11 à 0,19 de silice, de 0,005 à 0,03 d'alumine, de 0,005 à 0,08 de carbonate de chaux. Sur quatre échantillons, un seul contenait du carbonate de magnésie; la quantité n'excédait pas trois centièmes. On trouve les minerais compactes de deux manières, en *veines continues* et en *masses réniformes* plus ou moins aplaties, empâtées dans des schistes ordinairement tendres. Dans les deux cas, ils sont toujours disposés parallèlement à la stratification générale du terrain, plus ou moins au-dessus ou au-dessous des couches de houille. Les veines sont presque toujours elles-mêmes formées de masses réniformes articulées les unes dans les autres, et qui se détachent facilement lorsqu'on les exploite. L'épaisseur des *veines continues* n'est jamais considérable. Lorsqu'elle n'excède pas un pouce, il peut s'en trouver plusieurs les unes près des autres. A Plester-Inn, dans le Fifeshire en Ecosse, j'ai vu exploiter, par un seul travail de 7 pieds de hauteur, dix bandes, dont l'épaisseur totale comprenait 27 pouces de minerai pur. Ces veines formaient, avec un schiste friable noir, le toit d'une couche de houille anciennement exploitée. Le gisement de Plester-Inn passe pour le plus riche d'Écosse. Lorsque l'épaisseur des veines est de 5 à 6 pouces, il y a rarement plus d'une couche exploitée à-la-fois. Si la veine se trouve environnée de matières dures, si elle est loin des couches de houille et qu'elle exige un travail séparé, son extraction devient plus pénible et plus dispendieuse. La plus forte veine que j'aie observée en Angleterre, a 10 pouces d'épais-

seur ; elle fait partie du bassin houiller de Dudley. Je n'ai jamais vu qu'une seule rangée de minerai réniforme dans la même couche de schiste. Ces masses ont rarement plus d'un pied d'épaisseur dans le sens perpendiculaire à la couche ; mais elles peuvent avoir davantage dans l'autre sens, leur plus grande coupe étant toujours suivant leur lit. Il y en a un exemple au toit de la couche de houille découverte, il y a trois ans, à la mine du *Soleil*, près de St.-Etienne. Plus ordinairement ces *balles*, toujours un peu déprimées, ont depuis la grosseur du poing jusqu'à celle de la tête, et quelquefois leur dépression est telle qu'elles ressemblent à des *galettes*, qui ont plus d'un pied de diamètre sur environ un pouce d'épaisseur ; il peut y en avoir alors plusieurs rangées superposées très-rapprochées. J'ai remarqué un semblable *gisement* aux mines de *Reveux*, près St.-Etienne. Les gisemens de minerai compacte sont sujets à des interruptions ; quelquefois les veines s'amincissent considérablement ou manquent tout-à-fait, et les masses globulaires, après avoir été rapprochées, deviennent tellement rares qu'elles sont distantes de plusieurs toises les unes des autres ; mais en poursuivant les travaux dans la couche de schiste, on est presque certain de retrouver la suite de ces masses ou de ces veines, avec leur richesse et leur abondance ordinaires, de manière à pouvoir même calculer sur un produit moyen par arpent pour une surface de terrain très-étendue. Les couches ou veines de minerai sont sujettes à tous les relèvemens, rejets, failles, ou autres accidens qu'éprouvent les couches de houille, de ma-

nière que si l'on connaît déjà l'allure de ces couches, on est toujours sûr de retrouver celle des minerais, lorsqu'on vient à les perdre. Le minerai compacte est ordinairement enveloppé de schiste noir luisant, se dilatant à l'air en feuillets minces. Ce minerai s'altère aux affleuremens; il perd en partie sa ténacité, passe à l'état de fer hydraté brun ou jaune, et renferme des géodes tapissées de cristaux de quarz et de chaux carbonatée; il prend alors toujours la forme globulaire, et quelquefois la structure testacée, par une suite de décomposition analogue à celle qui arrive aux *grès ferrifères*. Lorsque la décomposition est très-avancée, on remarque au centre des portions globulaires une terre jaune et verdâtre pulvérulente, tandis que les cloisons qui les renferment sont formées de fer hydraté brun solide. La facilité avec laquelle le fer des houillères passe à l'état de fer hydraté, et la décomposition de ce dernier minerai qui se réduit en matières peu consistantes, expliquent pourquoi l'on voit très-rarement des minerais de fer dans les affleuremens, et pourquoi ces minerais ont dû échapper aussi long-temps à l'observation (1). Quelquefois le fer carbonaté est encroûté sur plusieurs pouces d'épaisseur d'une argile grise

(1) Je dois rapporter ici un fait qui m'a souvent frappé, et qui paraîtra sans doute difficile à expliquer. La prompte décomposition des minerais de fer des houillères a principalement lieu lorsque ces minerais sont encore sur place, entre les schistes qui les renferment et près de la surface; tandis que quand les masses sont détachées de leurs *affleuremens* et répandues isolément sur le sol, avant d'être décomposées, elles durcissent et semblent résister indéfiniment aux intempéries.

entièrement composée de cônes enchâssés les uns dans les autres, depuis le noyau qui est le minerai compacte jusqu'à la surface qui est enveloppée de schiste noir. Ces croûtes se détachent d'elles-mêmes après quelque temps d'exposition aux intempéries de l'air. J'ai remarqué abondamment de cette argile aux mines de fer de Walbottle, près Newcastle. Le Rev. Hodgson, auteur de recherches très-profondes sur l'emploi des métaux par les anciens (1), et l'historien du comté de Durham, a recueilli, dans les montagnes de transition de cette contrée, une substance analogue quant à la forme, mais qui en diffère essentiellement par sa couleur rouge et par son poids, qui la rapprocheraient des minerais de fer (2).

Voici deux variétés de minerais compactes qui méritent d'être notées ici. On trouve dans les déblais du puits Bonnant, à Rive-de-Gier, un minerai gris d'une texture lâche et avec des *lamelles cristallines* luisantes et des points formés probablement de portions de houille; sa

(1) Archœologia œliana or miscellaneous tracts relating to antiquity, published by the Society of antiquaries of Newcastle upon tyne (1816).

(2) Vallérius en cite d'analogue pour la forme, à Helsinborg et à Landscrone, en Suède : il donne à cette substance le nom de *tophus turbinatus*. On voit dans la dernière *Nomenclature* de M. Werner, publiée depuis sa mort à Freiberg, avec des notes par M. Breithaupt, qu'il a placé le *tophus turbinatus*, en général, comme une espèce particulière dans le genre calcaire, sous le nom de *duttenstein* (pierre en cornets). Il en cite dans le Derbyshire, à Newstadt près du Rübenberg, à Hazenberg près Stutgard, etc.

cassure est inégale, tendre; sa pesanteur spécifique est de 3,325; il perd par la calcination 0,27, et rend à l'essai 0,50 ½ sur le minerai grillé, et 0,37 sur le minerai cru. Ce minerai ferait partie d'une *couche* continue qui aurait au moins un pied de puissance; l'analyse y a prouvé l'absence absolue de la magnésie et du phosphore. L'autre variété se trouve à peu de profondeur près de la mine du *Cros*, aux portes de St.-Etienne. Il y en a deux bancs fort rapprochés, et leur puissance réunie serait de près de trois pieds. Ce minerai est très-compacte; jaune de rouille à la surface et gris cendré à l'intérieur, avec des portions luisantes et des points de pyrites. Sa cassure est un peu esquilleuse; il est très-dur, très-tenace, se laissant à peine entamer avec la pointe du couteau, et fait feu au marteau; il donne, par le grillage, un bel oxide rouge; il se fond et se réduit facilement sans addition. Sa pesanteur spécifique est de 3,400, et il rend 0,42 sur le minerai grillé; mais il a le fâcheux inconvénient de contenir beaucoup de phosphore. L'analyse a découvert, dans un *culot d'essai*, sept parties de phosphore pour cent de fer métallique; il serait conséquemment impossible de traiter ce minerai, si ce n'est pour du *leste* ou pour d'autres objets qui n'exigent pas de ténacité. Il est à regretter qu'on ne puisse pas en tirer un meilleur parti; mais une pareille abondance de minerai serait sans exemple, même en Angleterre. Nous avons observé aux forges de Murkich, en Ecosse, des minerais semblables qu'on a été obligé d'abandonner, parce qu'ils produisaient de mauvaises fontes, et du fer cassant à froid.

3°. Le minerai noir bitumineux, proprement dit, participe des caractères que nous venons d'attribuer au minerai compacte. Il ne forme guère, d'après cela, une variété distincte, et il ne diffère de celui-ci que parce qu'il est plus chargé de bitume; sa raclure est plus foncée et même quelquefois entièrement noire. Il se présente en masses arrondies comprimées, placées isolément au toit ou dans l'intérieur des couches de houille, ou bien enfin séparant deux espèces de houille quelquefois superposées dans la même couche. Ces sphéroïdes sont encroûtées de schiste noir et pèsent souvent plusieurs quintaux; ils sont tenaces, résistent à l'outil, et les mineurs de la Loire les appellent *chiens;* d'autres fois, ils sont très-aplatis, se trouvent sur plusieurs rangées les unes sur les autres, et font partie de ce qu'ils appellent *mairins,* qui sont des noyaux de grès ou de schiste argileux endurci, qui encombrent certaines couches de houille, regardées par cette raison comme des mines d'une mauvaise exploitation. Souvent ces mairins sont entièrement stériles; mais quand ils sont durs, que leur texture est compacte et que leur pesanteur spécifique est de 3,00 à 3,20, ils constituent de véritables minerais de fer. Chauffés dans un vaisseau couvert, ils perdent de 0,30 à 0,35 de leur poids, et laissent encore un résidu carboneux à l'analyse. Ils rendent de 0,26 à 0,30 sur le minerai cru. Si leur couleur est entièrement noire, et si leur texture est lâche, ils pèsent moins de trois fois le poids de l'eau, et peuvent alors être fort riches. Ils sont, dans ce cas, surchargés de bitume, et perdent au grillage près de

moitié de leur poids. Pour juger de leur qualité métallifère, il faut les griller et examiner le résidu qui, écrasé, est d'un rouge-brun très-attirable à l'aimant. Il est à craindre que ces minerais ne contiennent quelquefois du phosphore, et il convient de les employer avec circonspection. Cependant, sur plusieurs analyses qu'on a faites, on n'y a découvert ni phosphore, ni magnésie, et les culots d'essai obtenus au creuset ont paru de bonne qualité. On voit peu de ces masses appelées *chiens* à Rive-de Gier; tandis qu'il s'en trouve assez fréquemment dans quelques mines de houille aux environs de St.-Etienne, où il existe d'anciens travaux abandonnés, entièrement remblayés de mairins mélangés avec des minerais. Mais ces minerais contiennent souvent des pyrites, et il devient alors assez embarrassant de les traiter, à raison d'un triage soigneux auquel il faut les soumettre.

4°. Les minerais de fer qui ont la forme extérieure de végétaux n'ont point encore été considérés dans leurs rapports d'utilité. Ils sont plus rares que les autres espèces, parce qu'on a moins occasion de les rencontrer dans leur gisement. Nous ne prétendons point décrire les espèces végétales auxquelles les empreintes ont appartenu; ce travail embrasserait cependant une botanique souterraine du plus grand intérêt. Nous dirons seulement que les espèces nous ont paru assez limitées dans leur nombre, et appartenir à des familles de plantes dont les analogues n'existent plus, du moins dans nos climats. Nous avons sur-tout été frappé de leur identité, par-tout où nous avons eu occasion de les observer en France

et en Angleterre. Il résulterait de cette observation que les terrains houillers sont non-seulement caractérisés par un grès, par des schistes, et par un minerai de fer d'espèces particulières, mais le sont encore par la nature de ces végétaux, et conséquemment par le climat qui rendait le sol propre à les produire à l'époque où ces immenses dépôts ont été formés. La texture ligneuse de ces végétaux a le plus souvent entièrement disparu ; il ne reste que l'empreinte de l'écorce, l'intérieur étant occupé tantôt par un grès à gros grains, semblable à celui du terrain environnant; tantôt par un *grès* très-serré, argileux, imprégné de carbonate de fer et de bitume; tantôt enfin par du minerai compacte gris ou noir, auquel se rapportent tous les caractères spécifiques appartenant à ces variétés. Ces minerais sont toujours enveloppés d'un enduit schisteux noir, et même de houille, formant la partie du *moule* qui a reçu le détail de l'empreinte. En creusant des puits pour l'exploitation de la houille, il n'est point extraordinaire de trouver des amas assez considérables de ces moules de végétaux renversés les uns sur les autres, et traversant le puits. On les casse par tronçons pour les extraire dans l'espace réservé au creusement; mais ils se prolongent beaucoup au-delà et appartiennent indubitablement à des corps de végétaux entiers de toutes grandeurs (1). Le

(1) M. Voigt, dans son *Traité sur la houille et les bois bitumineux*, dit : « que les plantes d'un certain volume sont debout verticalement traversant les couches de grès avec leur tige remplie de matières provenant du terrain environnant, »

diamètre varie depuis quelques pouces jusqu'à plus d'un pied; mais ils sont plus ou moins aplatis dans le sens des couches. Les mineurs en augurent favorablement, et les regardent comme les approches d'une couche de houille; quelquefois même ces matières font partie du toit. Elles sont alors surchargées de bitume, et conservent souvent intérieurement leur texture ligneuse; elles se divisent alors de préférence longitudinalement, tandis que, lorsqu'elles ont la texture compacte, elles se cassent en travers. Il y en a de fort riches; elles renferment souvent des veines de *pyrites;* mais il paraît que lorsque les minerais sont très-bitumineux, le soufre est très-facilement dégagé par le grillage. Un semblable échantillon, avec des fibres peu marquées, pris à la mine du *Soleil,* près St.-Etienne, et ayant pour pesanteur spécifique moyenne 3,150, a donné les résultats suivans : Perte au feu en vaisseau clos, 0,48; résidu charbonneux à l'analyse, 0,08; fonte de fer, 0,50 sur la matière calcinée, et 0,26 sur la matière crue; silice et alumine, 0,02; carbonate de chaux, 0,13; carbonate de magnésie, 0,015, et acide phosphorique un centième. La matière n'a pas fondu seule ni avec addition de chaux; mais l'essai a parfaitement réussi avec un mélange de 0,28 de silice, et de 0,19 d'alu-

ce qui indiquerait que ces plantes sont restées dans leur position naturelle (*Journal des Mines*, n°. CLVII, p. 44). J'ai également observé ce fait dans les environs de Saint-Étienne. Il y aurait deux manières d'être de ces vestiges de plantes, qui se rencontrent quelquefois dans le même bloc de pierre; il serait très-curieux de se rendre compte des circonstances qui leur sont propres.

mine. Je présume, si la proportion de phosphore n'excède pas celle que l'on vient d'indiquer, qu'il n'y aura pas d'inconvénient à traiter cette variété, sur-tout si l'on parvenait à en trouver assez abondamment pour mériter une exploitation en grand, ce que je crois généralement possible pour tous les dépôts houillers, en dirigeant convenablement les recherches. Cependant je n'ai point observé qu'on traitât de ces minerais en Angleterre, probablement, ainsi que nous l'avons déjà dit, parce que le minerai compacte suffit à tous les besoins.

Cette énumération prouve avec quelle abondance les minerais de fer existent dans les terrains houillers. En voici une nouvelle variété; elle n'a encore été exploitée que près de *Glascow*. Le kennelcoal paraît faire partie de ce gisement. Sa découverte est due à M. Muchette; elle a rendu un service essentiel aux forges de Calder, où trois hauts fourneaux sont en grande partie alimentés avec ce minerai. A la première vue on confond cette variété avec certain *schiste noir* des houillères qu'il convient de décrire ici.

Le schiste stérile est d'un noir de corbeau bleuâtre; sa poussière est grise; il est tenace au sortir de la terre, et résiste au choc du marteau. Cependant il se délite en peu de temps à l'air; il se divise en larges plaques ressemblant à de l'ardoise, et se réduit ensuite en esquilles très-menues. Le minerai est composé de feuillets minces qui ne se détachent ni facilement ni nettement. Il résiste aux influences atmosphériques. Sa couleur noire est nuancée de petites bandes brunâtres parallèles; sa raclure est brunâtre;

pendant le grillage, il entretient de lui-même la combustion, et au lieu de laisser des résidus blancs ou jaunâtres comme le schiste stérile, il reste un bel oxide noir avec éclat demi-métallique. Il perd plus de moitié de son poids par cette opération; mais l'oxide obtenu rend jusqu'à 0,60 de fonte. On exploite trois couches parfaitement réglées; la plus forte a 26 pouces d'épaisseur. Voici son gisement : au-dessous s'étend une couche de houille recouverte par une couche de schiste gris renfermant des minerais de fer siliceux réniformes non exploités; au-dessus est une couche de *schiste noir stérile*, que nous venons de décrire, d'environ six pouces; vient ensuite une couche de kennelcoal de même puissance, et le tout est surmonté de bancs de grès micacés stériles.

Observons encore que le grand dépôt houiller du Clyde renferme principalement l'espèce de houille appelée *splintcoal*, qui est propre aux mines d'Ecosse.

Classification.

En se rappelant ce qu'on a dit, on voit que la contenance en métal des minerais de fer est très-variable; la quantité de métal est souvent insuffisante pour mériter de les traiter, et ces matières se confondent alors avec le grès houiller, susceptible de s'imprégner lui-même de carbonate de fer. Ce rapprochement est évident pour les *grès ferrifères*; mais les *minerais compactes*, dont la texture n'offre plus à l'œil de grains distincts, peuvent également être rapportés à cette roche.

La texture des grès et celle du minerai compacte se rencontrent quelquefois sur un même échantillon; le mica se fait presque toujours apercevoir en parcelles plus ou moins rares dans les deux variétés, sur-tout à la loupe. L'analyse indique seulement une différence dans les proportions des terres, en démontrant que dans toutes, après l'oxide de fer, la silice unie à un peu d'alumine forme la matière dominante (1). Enfin la commune origine des grès et des minerais semble confirmée par le bitume toujours contenu dans le minerai, et auquel il faut attribuer sa couleur noire et ses nuances de gris, que prennent également toutes les portions du terrain accompagnant (2); ainsi on peut regarder les minerais comme des grès plus ou moins fins, mêlés en toutes proportions avec du carbonate de fer et du bitume; ils ont un caractère qui leur est propre, et ils constituent un type qui appartient aussi essentiellement à la formation houillère que les *schistes* et que les *grès* dont les minéralogistes ont déjà fait des genres exclu-

(1) Dans une seule circonstance, et c'est la dernière analyse que nous avons citée, la silice et l'alumine ne formaient que 0,02 de la masse, tandis que le carbonate de chaux en formait 0,13. L'échantillon pouvait accidentellement constituer un grès avec excès de calcaire.

(2) Nous n'avons point fait entrer dans ces considérations les impressions des plantes ni des coquilles. Les impressions se rencontrent très-fréquemment, mais les coquilles sont rares, ou du moins ne se trouvent que dans quelques localités, empâtées dans des minerais de fer et dans des schistes. Nous ne pensons point que ces impressions ni ces coquilles modifient les observations générales que nous présentons.

sifs, et dont il n'est plus permis de confondre les diverses variétés avec les schistes et les grès appartenant à d'autres terrains (1).

Cette distinction a été utile en géologie, et il convient d'assigner de même une place précise aux minerais de fer. Nous ne prétendons point faire une nomenclature purement scientifique, mais indiquer aux mineurs et aux métallurgistes des moyens pour les chercher dans leurs divers gisemens, et pour les reconnaître sous leurs diverses formes. Voici les noms qui ont déjà été

---

(1) L'ouvrage dans lequel j'aurais le plus espéré de trouver des renseignemens sur ces minerais de fer, est le *Traité* de M. Voigt *sur les houilles* (1802 et 1804). Voici ce qu'en dit la traduction insérée dans le N°. 157 du *Journal des Mines*, (page 34) : « En Angleterre, on voit des couches *de mine argi-* » *leuse de fer.* » Je n'ai jamais vu un pareil fait.

Ailleurs (page 30), M. Voigt, en décrivant les substances étrangères, trouvées dans les couches de houille, dit : « Que » ces substances sont principalement des masses terreuses ou » pierreuses, appelées *swhûlen* par les mineurs allemands..... » Que ces swhûlen sont, le plus souvent, une argile endurcie, » bitumineuse, qui a l'aspect d'un jaspe. Lorsqu'elle est sur- » chargée de silice, elle passe au *kieselchiefer*, et donne beau- » coup d'étincelles par le choc du briquet. Ces deux extrêmes, » l'argile endurcie et le kieselchiefer, sont bien caractérisés; » mais tous les intermédiaires qui se trouvent entre eux, met- » traient dans l'embarras le meilleur oryctognoste, s'il voulait » déterminer avec précision ce qu'ils sont. »

Or, il est évident que parmi ces matières se trouvent des minerais de fer. Ces deux citations suffisent donc pour faire voir que ces minerais n'étaient point connus de M. Voigt, et elles expliquent comment ils ont dû lui échapper dans le cours de ses recherches. Le traducteur, M. D'Aubuisson, cite en note ceux de Gleiwitz, en Silésie, et en indique dans l'affleurement d'une couche de houille, à Frugères, Haute-Loire.

proposés. Il paraît que la silice et l'alumine qu'ils contiennent, et leur odeur fortement argileuse, ont confirmé l'opinion des minéralogistes qui les ont rangés parmi les *minerais de fer argileux;* de là les dénominations de *thoneisenstein* ou *thonartigereisenstein* des Allemands, et de *clay-ironstone* des Anglais, qu'ils ont conservées jusqu'à présent, ainsi que nous l'avons dit en commençant ce mémoire. Cependant on savait que cette odeur appartenait plutôt à l'oxide de fer qu'à l'argile pure, sur-tout lorsque le fer est au *minimum d'oxidation;* et on savait que la silice et l'alumine, pouvant se trouver accidentellement mélangées avec toutes les *espèces possibles de minerais*, la présence de ces terres ne suffit point pour établir un caractère minéralogique; ce n'est point d'ailleurs l'*argile* proprement dite qui domine, mais le *grès*, c'est-à-dire des grains de silice unis à une très-petite quantité d'alumine. Quand l'analyse chimique est ensuite venue éclairer sur les parties constituantes de ce minerai, on a cru concilier les résultats obtenus avec la nomenclature déjà reçue, en l'appelant *fer carbonaté terreux* ou *fer carbonaté argileux;* sa nature chimique était en effet exprimée, et on le distinguait du fer *carbonaté spathique;* mais ces épithètes n'étaient point assez tranchées; elles faisaient rentrer dans les anciennes erreurs, et elles ont contribué à perpétuer la confusion dans laquelle on est resté. D'une autre part, la dénomination de *fer carbonaté compacte*, en partie adoptée dans les cours des minéralogistes français, ne s'applique exactement qu'à la variété des minerais *compactes gris*, et ne convient point

aux grès ferrifères ni aux minerais schisteux, ni aux *minerais surchargés de bitume* à raclure brune et noire. Enfin le nom de fer *carbonaté argilo-bitumineux* indiquerait assez exactement tous les composans, et même son origine géologique; mais il est déjà trop long par lui-même, et le deviendrait encore davantage par les épithètes qu'il faudrait ajouter pour exprimer les modifications du minerai. D'après ces considérations, nous proposons le nom de fer *carbonaté lithoïde,* à cause de son aspect pierreux, et parce que ce nom présente une acception minéralogique plus générale. Dans la pratique, nous le nommerons *minerai de fer des houillères.* On le nomme dans les forges d'Angleterre *ironstone,* pierre de fer, pour le distinguer des autres espèces de minerais nommés *ironores.*

Il formerait une sous-espèce à la suite du *fer carbonaté spathique.*

Caractères physiques.

Couleur: toutes les nuances du gris enfumé jusqu'au noir. Pesanteur spécifique de 0,27 à 0,34. Cassure terreuse conchoïde plate ou schisteuse, en général peu dure, mais résistant aux outils. Raclure ordinairement grise, quelquefois brune ou noire, alors très-bitumineuse et combustible.

Caractères chimiques.

Ce minerai fait effervescence avec les acides minéraux; il dégage des vapeurs rutilantes,

lorsqu'on le chauffe avec l'acide nitrique; il produit par le grillage, à l'air libre, un oxide rouge brun très-attirable à l'aimant; même effet à la première impression du chalumeau. La perte au feu, par cette opération, varie de 0,13 à 0,50 Il rend au creuset de 0,10 à 0,36 de fonte de fer, et en grand de 0,20 à 0,33 sur la matière crue.

Variétés : les caractères spécifiques sont déjà décrits dans le paragraphe précédent.

Fer carbonaté lithoïde.

1°. Siliceux, ou quarzeux micacé ; comprenant *les grès ferrifères.*

2°. Compacte proprement dit, gris enfumé bleuâtre ou brunâtre.

3°. Compacte noir très-bitumineux, en partie combustible, ordinairement empâté dans l'intérieur même des couches de houille, sous-variétés de la précédente.

4°. Schisteux noir nuancé de brun, très-combustible; variété qui jusqu'à présent n'a été exploitée qu'à Calder en Ecosse.

5°. Sous la forme de gros végétaux.

Gris enfumé, bleuâtre ou brunâtre semblable au n°. 2 ci-dessus.

Compacte noir bitumineux, combustible, semblable au n°. 3 ci-dessus.

Noir surchargé de bitume, avec texture ligneuse très-combustible.

6°. Mêmes variétés que toutes celles qui précèdent, avec phosphore, sans caractère extérieur servant à les distinguer, mais qu'il faut connaître chimiquement avant de se hasarder à les traiter en grand.

Le gisement général appartient aux formations houillères; mais on peut trouver de ces minerais dans d'autres espèces de terrains, ainsi que nous allons l'expliquer (1).

Le calcaire gris bleuâtre coquiller, principalement caractérisé par des *entroques*; (*encrinal lime stone; bleu mountain lime stone*) des Anglais, et que les minéralogistes regardent jusqu'à présent comme un calcaire de transition, s'étend depuis le Derbyshire jusqu'au nord de l'Angleterre et une partie de l'Écosse, et il forme le fond de tous les bassins houillers d'Angleterre, d'Écosse et d'Irlande. Ce calcaire renferme lui-même des couches de grès, de schistes,

(1) Les minerais de fer carbonaté des houillères ayant été confondus avec d'autres espèces, et notamment avec le fer hydraté, on lui avait attribué divers gisemens qui ne lui appartiennent pas. M. Brochant indique, dans son *Traité*, les minerais de Koalbrookdale qui se rapportent évidemment à l'espèce en question; mais ceux de Westphalie, de Pologne, de Russie, de Norwége et d'Italie, indiqués généralement sans spécification du terrain, doivent, en grande partie, se rapporter au fer hydraté. M. Brongniard indique évidemment du fer carbonaté dans les couches de houille bouleversées et dans les failles des houillères de Layon en Loire, département de Maine et Loire, tandis que les minerais en sphéroïdes jaunes qui se trouvent dans une marne au-dessus d'un banc calcaire, à Tarnowitz, doivent être du fer hydraté. M. Jameson cite des minerais argileux dans les trapps en couches (flœtz trapp rocks) de l'île Féroé, qui ne sont très-probablement point du fer carbonaté; ceux qu'il cite dans le calcaire stratiforme nouveau, doivent être du fer hydraté, et il n'y aurait réellement que les minerais qu'il indique dans les terrains houillers d'Angleterre et de la Silésie, qui appartiendraient à l'espèce que nous décrivons.

de houille et de *fer carbonaté lithoïde compacte* (1). Il constitue une grande formation qui a généralement précédé celle de la houille dans les grès; il ne la recouvre que sur quelques points en Ecosse et en Irlande. Il forme la base d'une partie considérable du sol de l'Angleterre, et s'étend indubitablement sur le continent. Le calcaire noir à entroques, de la Belgique, celui des environs de Namur, celui de Coutances à Mont-Chablon, enfin, des échantillons de ce calcaire recueillis au Hartz, conservent beaucoup d'analogie avec celui d'Angleterre, et ne laissent presque point de doute que l'on en trouvera avec les mêmes matières en France et dans d'autres contrées de l'Europe (2).

Il résulte de ces rapprochemens qu'il peut exister du fer carbonaté lithoïde dans des terrains calcaires et dans des terrains composés, de trois manières : 1°. par des débris du calcaire bleu à entroques; 2°. par des débris de grès et des schistes houillers proprement dits; 3°. par un mélange des deux.

(1) Observations on the geology of Northumberland and Durham, By N. Winch, 1816, p. 67.

(2) Le plomb semble également appartenir à cette formation. C'est dans ce calcaire que sont les fameuses mines de plomb du Northumberland, découvertes depuis une quarantaine d'années, et les mines de plomb du Derbyshire, exploitées de temps immémorial. Des traces de plomb se remarquent presque généralement dans ce terrain, en Angleterre, et on en trouve jusque dans les carrières et dans les pierres exploitées pour la chaux. Il serait très à désirer que l'on ne négligeât pas les indices qu'on a dû trouver en France, dans des terrains analogues, et que l'on y fît des recherches; elles conduiraient très-probablement à des découvertes importantes.

L'étendue que paraît occuper le calçaire bleu à entroques, aujourd'hui en grande partie recouvert par des terrains de nouvelles formations; l'étendue non moins considérable occupée par le terrain houiller, aujourd'hui également en partie recouvert et en partie emporté, fournissent une assez grande masse de matériaux pour justifier notre opinion.

Enfin, nous pensons que le fer carbonaté lithoïde étant très-susceptible de passer par décomposition à l'état de *fer hydraté*, ce dernier minerai que l'on trouve si fréquemment dans des terrains nouveaux, peut aussi, du moins quelquefois, tenir son origine des débris dont nous venons de parler; et nous voyons, par ces rapprochemens, la possibilité de trouver réunies, pour certaines localités, l'une et l'autre de ces deux espèces de minerais, suivant l'état de décomposition plus ou moins avancé du premier.

Il nous reste à joindre ici quelques annotations.

Le fer carbonaté lithoïde renferme dans des fissures et dans des géodes, des cristaux de quarz, de chaux carbonatée et de fer carbonaté. On y trouve du zinc, du plomb et du fer sulfuré. J'ai recueilli à Mestyrtydville, dans le Glamorgan, plusieurs échantillons avec de la galène superficielle et une variété fort jolie de *pyrites aciculaires*. Les fils très-déliés des pyrites, tantôt traversent isolément les géodes en lignes droites sur plusieurs pouces de longueur, tantôt sont roulés comme des cheveux dans des petites cavités, tantôt enfin ces aiguilles partent d'un centre, et empâtées dans la masse même du minerai, elles se dessinent dans les cassures

sous forme d'étoiles. M. Dawson de Bradfort m'a fait remarquer une substance qu'il croit être une nouvelle variété de *wavellite*, disposée par taches blanches circulaires radiées sur du minerai de Lawmoor; quelquefois ces taches sont suffisamment marquées pour avoir la plus grande ressemblance avec *l'alumine hydratée*; mais le plus souvent elles se réduisent à de légères piqûres blanchâtres, presque imperceptibles, dont on ne peut juger que par analogie. Enfin, on trouve dans les cavités du minerai compacte du clyde *de la poix minérale et du bitume élastique* semblable au *caoutchouc minéral du Derbyshire*.

RÉSULTATS PRINCIPAUX de la préparation mécanique de la galène à la mine de Pezey;

PAR M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

CES renseignemens ont été recueillis de 1803 à 1805 par les ingénieurs qui, comme moi, étaient élèves à cette époque. Feu MM. Lemaire et Fangueux y ont la plus grande part. M. Fangueux a fait faire avec le plus grand soin, sous les yeux de M. l'inspecteur divisionnaire Schreiber, alors directeur de l'école des mines, l'expérience en grand qui sera rapportée plus bas.

Il y a à Pezey, pour la préparation mécanique du minerai, deux bocards à neuf pilons, huit caisses allemandes, et soixante-huit tables ordinaires accolées deux à deux et dites *tables jumelles* (1).

Les deux bocards pilent ensemble 2,500 quintaux métriques de minerai trié par mois: ils ne marchent point pendant la nuit. Ces 2,500 quintaux de minerai trié proviennent de 7,000 quintaux de minerai brut. Le schlich produit s'élève, terme moyen, à 400 quintaux par mois, c'est-à-dire, 6 pour $\frac{0}{0}$ de minerai brut, et 16 pour $\frac{0}{0}$ du minerai trié.

Les huit caisses allemandes fournissent au moins autant de schlich que les soixante-huit tables jumelles. Les bocards sont servis par des hommes qui gagnent 1 fr. 25 c. par jour; le lavage et le transport des sables et schlams sont exécutés par des femmes, qui sont payées à raison de 45 à 65 cent., selon leur habileté; elles travaillent dix heures par jour.

(1) Voyez, pour les détails, le Mémoire de M. Lelivec, *Journal des Mines*, t. XX, p. 430.

Le tableau suivant de la préparation mécanique, pendant deux mois de l'an XII, renferme tous les élémens qu'il peut être intéressant de connaître.

Vendémiaire.

Bocards.	DÉSIGNATION des TABLES.	Quantité de schlich obtenu.	Nombre de Journées employées. Total.	Nombre de Journées employées. pour 100 k. de schlich.	Prix des Journées employées. Total.	Prix des Journées employées. pour 100 k. de schlich.
		q.			f. c.	f. c.
Bocard supérieur (1).	Caisses allemandes.	142,60	180	2 50	161 15	2 10
	Tables du bocard..	7,50	91	12 10	57 10	7 60
	1re. Laverie........	24,20	328	13 50	203 65	8 40
	2e. Laverie........	17,60	258	13 50	124 15	7 00
	TOTAUX.....	191,90	837	4 36	546 05	2 84
Bocard inférieur (2).	Caisses allemandes.	85,60	188	2 20	179 30	2 10
	Tables du bocard..	7,60	99	13 00	59 40	7 80
	Grande laverie....	40,10	902	22 50	258 00	11 40
	TOTAUX.....	133,30	1189	8 92	696 70	5 20
Résultats généraux....		325,20	2026	6 23	1,242 75	3 83

Thermidor.

Laverie supérieure....	240,50	885	3 70	575 25	2 30
Laverie inférieure.....	214,00	1495	7 00	866 75	4 05
TOTAUX.......	454,50	2380	5 23	1,442 00	3 17
Résultats généraux....	779,70	4406	5 50	2,648 75	3 44

(1) On passait au bocard supérieur du minerai très-riche qui provenait d'anciens piliers. Les matières qui sortaient de ce bocard étaient introduites dans les bassins de dépôt par des canaux étroits et tortueux.

(2) Ce bocard ne recevait que le minerai du fond des travaux, beaucoup moins riche que celui des étages supérieurs. Les sables, avant d'entrer dans les labyrinthes, étaient reçus dans une caisse à pente inverse, dans laquelle on les agitait sans cesse pour en séparer les parties susceptibles d'être tenues en suspension dans l'eau.

Les journées des bocardiers, casseurs et caporaux, sont ajoutées à celles des laveuses.

On voit que la préparation d'un quintal métrique de schlich ne revient qu'à 3 fr. 44 c. On l'évalue ordinairement à 4 fr. pour tenir compte des accidens imprévus. Le lavage est d'autant plus long et coûte d'autant plus que le sable est plus fin; en deux jours une laveuse prépare 170 kilogr. de schlich, aux caisses allemandes où l'on ne passe que du gros sable; aux dernières tables jumelles, où on lave des schlams visqueux, une laveuse n'obtient que 100k. de schlich par mois.

Aux tables jumelles, la durée d'une lavée varie de deux heures et demie à cinq heures et même à sept heures, selon le degré de finesse du sable. Le quintal de schlich qui provient des caisses allemandes, ne coûte que 2 fr., tandis que celui que fournissent les dernières tables jumelles en coûte 16. Il y a donc un avantage considérable à éviter la formation du sable fin et des schlams, sous le rapport de l'économie de la main-d'œuvre; en outre, on va voir qu'il est extrêmement difficile d'extraire par le lavage la galène que renferment les schlams, et que la perte que l'on éprouve est d'autant plus grande que les schlams sont plus fins.

M. Fangueux a fait laver 50 kilogrammes de chacun des produits des bocards, et il a constaté le temps qu'a duré chaque lavée et le schlich qu'on en a obtenu; il a recueilli des échantillons de tous les produits et des schlichs; il m'en a remis une partie, et j'y ai recherché, par la voie humide, la seule qui dans ce cas puisse donner un résultat exact, la proportion de galène pure qu'ils contenaient. J'ai dressé avec ces données le tableau qui suit :

Expérience sur le lavage de 100 kilogrammes de diverses matières (1).

Laverie.	MATIÈRES soumises au lavage.	TABLES sur lesquelles on a lavé.	Durée de la lavée.	Quantité de schlich obtenu.	RICHESSE des matières lavées. Galène pure.	RICHESSE des matières lavées. Schlich ordinaire (2).
			heures.	k.		
Bocard inférieur.	Sable du bocard.	Caisse allemande.	2 ½	11,25	0,110	0,114
	Sable des caisses.	Tables jumelles.	0 6	0,75	0,105	0,147
	Schlam 1re. qual.	Tab. jum. n°. 1er.	5	12,00	0,147	0,152
	Schlam du bassin n°. 8..	*id.* n°. 8..	10	7,50	0,147	0,152
	id. n°. 16.	*id.* n°. 16.	10	8,00	0,147	0,152
	id. n°. 24.	*id.* n°. 24.	12	5,00	0,124	0,128
	id. n°. 32.	*id.* n°. 32.	12	5,00	0,147	0,152
	id. n°. 36.	*id.* n°. 36.	14	4,50	0,116	0,120
	Schlam du bassin extérieur.	Table jumelle..	9	3,50	0,122	0,126
	Schlam du bon canal des tables jumelles.......	*id.*..........	6	3,00	0,151	0,156
	Dépôt de la caisse aux pyrites....	*id.*..........	5	25,00	0,620	0,645
Bocard supérieur.	Sable pris à la naissance du canal...........	Caisse allemande.	2 5	30,00	On a trouvé 0,028 de galène dans le sable perdu qui sort des jumelles où on lave le sable des caisses allemandes, et 0,05 dans le sable perdu qui sort de la grande laverie.	
	Sable pris à l'extrémité du canal..........	*id.*..........	2 5	10,00		
	Sable des caisses.	Table jumelle..	0 6	0,75		
	Schlam 1re. qual.	*id.*..........	6	16,00		
	id. 2e. qual	*id.*..........	10 5	15,00		
	Sable . 3e. qual.	*id.*..........	4 5	2,00		
	Schlam du bon canal des jumelles........	*id.*..........	4 5	2,00		
	Dépôt de la caisse aux pyrites	*id.*..........	5	25,00		

(1) On n'a lavé à la fois que 50 kilogrammes de matières, mais on a doublé tous les nombres afin de tout rapporter au quintal.

(2) Le schlich le plus pur renferme encore de la pyrite et de la baryte sulfatée, comme les analyses le font voir.

Les schlichs des gros sables sont plus purs que les schlichs des schlams ; l'analyse a donné pour ceux qui provenaient des caisses allemandes et des premières tables jumelles, 0,02 de pyrite et 0,01 de baryte sulfatée, mêlés d'un peu de quarz, pour celui d'un schlam de finesse moyenne 0,08 de pyrite et 0,01 de baryte sulfatée, et pour le schlich des tables jumelles, n°. 36, 0,10 de pyrite et 0,03 de baryte sulfatée, etc. Le dépôt de la caisse aux pyrites contient 0,18 de sulfure de fer, et 0,21 de baryte sulfatée.

On voit que tous les produits du bocardage sont à-peu-près de même richesse : que le gros sable donne aux caisses allemandes presque tout le schlich qu'il contient; que le sable fin, lavé aux tables jumelles, donne les $\frac{4}{5}$, et que les sables fins, lavés sur les tables 8 et 16, n'en donnent que la moitié. Les schlams, lavés sur les tables 24, 32 et 36, le tiers, et le schlam du bon canal des jumelles, seulement le cinquième. Il serait inutile de rien ajouter à ces faits pour faire sentir que, dans la préparation mécanique des minerais, on ne saurait apporter trop de soin pour faire en sorte qu'il se produise le moins possible de sable fin et de schlams.

Il manque quelques élémens pour calculer avec précision la perte de galène que l'on éprouve par le lavage ; il faudrait connaître la quantité des divers sables et schlams que produit un poids déterminé de minerai, la richesse de toutes les matières rebutées, etc. ; mais si l'on fait attention que la plus grande partie du schlich provient des caisses allemandes et des premières tables jumelles, et que ce n'est qu'aux tables

sur lesquelles on lave des sables très-fins et des schlams, que l'on éprouve une grande perte, on en conclura que la perte totale doit être très-peu considérable : je ne crois pas qu'elle puisse être évaluée à plus d'un quinzième. M. Schreiber est arrivé à ce résultat satisfaisant en bocardant à très-grande eau, en élargissant les interstices des grilles qui ferment les auges des bocards, et en faisant quelques changemens dans la disposition des labyrinthes. Avant qu'il prît la direction de l'établissement, on obtenait beaucoup moins de gros sable, et par conséquent plus de schlam; aussi la préparation mécanique était-elle plus dispendieuse et perdait-on beaucoup plus de schlich.

Sur les Moyens de séparer le Sulfure d'Antimoine de sa gangue;

Par M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Le sulfure d'antimoine se trouve rarement pur dans les mines. En France, il est toujours tellement mélangé avec sa gangue, qu'on ne peut en séparer qu'une très-petite quantité par le triage. Sa gangue est presque toujours du quarz; quelquefois, mais rarement, c'est un schiste micacé ou argileux. Le sulfure d'antimoine est très-fusible, sa gangue au contraire est infusible; par-tout et depuis un temps immémorial on l'extrait de son minerai, en exposant celui-ci à un degré de chaleur convenable dans des pots percés, et quelquefois dans un four à réverbère (1).

Au premier aperçu ce procédé paraît bon, parce qu'il est simple et facile; je crois cependant que les moyens mécaniques que l'on emploie pour préparer presque tous les autres minerais métalliques seraient préférables. Les détails dans lesquels je vais entrer mettront à même d'en juger.

Dans l'été de 1810 j'ai visité les mines de la Licouln, situées dans le département de la Haute-Loire, à peu de distance de la ville de Brioude; j'ai assisté à une fonte, j'ai fait peser divers produits, et j'ai recueilli les renseignemens les plus précis sur tout ce qui concerne l'établissement.

---

(1) *Journal des Mines*, t. IX, p. 459.

Le fourneau est circulaire : à l'extérieur il présente l'aspect d'une tour de 4 à 5 mètres de hauteur, et de $2^m,6$ de diamètre. Il y a dans l'intérieur deux fours semblables à ceux des boulangers, et placés l'un au-dessus de l'autre. On chauffe le minerai dans le four inférieur, et l'on fait cuire les pots dans le four supérieur. Le four à minerai a un mètre de hauteur, la sole est élevée d'un mètre au-dessus de terre, son diamètre est occupé par une grille de 3 à 4 décimètres de largeur, et de 16 décimètres de longueur. Huit ou dix ouvertures pratiquées à la circonférence servent de cheminée, et conduisent la flamme et la fumée dans le four supérieur qu'elles échauffent.

Pour fondre le minerai, on le concasse en morceaux de la grosseur d'un œuf tout au plus, et on le place dans des pots de 3 décimètres de haut sur 2 de large, percés d'un trou à leur fond. Un pot peut en contenir environ 10 kilogr. Les pots sont faits de telle manière qu'ils peuvent entrer les uns dans les autres de quelques centimètres seulement. Ceux dans lesquels le sulfure fondu est reçu, se nomment *pots à boulets;* ils ont la même forme que les pots à minerai, mais ne sont pas percés. On place dans le four trois rangées circulaires de pots à boulets, en tout environ soixante-quatre, et sur chaçun de ceux-ci un pot percé si le minerai est très-riche, deux s'il l'est moins, et trois s'il est pauvre. On remplit ensuite tous les interstices avec des pots bien secs pour les cuire; on chauffe graduellement afin de fondre le sulfure sans réduire la gangue en poudre, effet qui aurait infailliblement lieu si le minerai était subitement

exposé à une forte chaleur. Le combustible est du bois de pin coupé en bûches de 2^{m}. de longueur; on finit par en remplir le four, et on jette en outre des fagots dans le cendrier, afin de produire beaucoup de flamme; le feu dure douze heures. On laisse refroidir lentement, et aussitôt que les ouvriers peuvent entrer dans le four, ils en retirent les pots. On casse les pots qui contiennent le sulfure, et on en retire une masse qu'on appelle un *boulet*. Quant aux pots à minerai, on tâche d'en retirer les crasses qu'ils renferment sans les briser, afin de les faire servir de nouveau; mais quelque précaution que l'on premne, on en perd près des trois-quarts.

On traite 1300 à 1500 kilogr. de minerai par fonte, et on obtient 220 à 750$^{k.}$ de sulfure fondu; le produit moyen est de 500$^{k.}$, c'est-à-dire le tiers du poids du minerai; on rejette celui-ci lorsqu'il ne rend que 0,15. Dans l'opération à laquelle j'ai assisté, 1300$^{k.}$ de minerai ont fourni 260$^{k.}$ de sulfure, ou un cinquième.

On consomme trois stères de bois en bûches, et trente à quarante fagots, qui valent ensemble 12 fr. On perd cent cinquante pots, qui coûtent chacun 0,$^{f.}$10, et on donne au fondeur 3$^{f.}$ par quintal métrique de sulfure fondu, et en outre une indemnité de 0$^{f.}$,60 par chaque fonte; moyennant ce prix il se charge de casser et trier tout le minerai, de le fondre, etc.

Lorsqu'une fonte produit 220$^{k.}$ de sulfure,

la dépense est donc de.	12$^{f.}$,00	pour le bois.
au moins.	15 ,00	pour les pots.
et.	7 ,20	pour le fond^{r}.
Total.	34$^{f.}$20.	

Et la préparation de 100k. coûte 15f.50 au moins.

Lorsque le produit est de 750k. de sulfure, la dépense est de........ 12f.,00 pour le bois.
et au plus... 15f.,00 pour les pots.
et. 23f.,10 pour le fondr.

Total. 50 ,10.

Et la préparation de 100k. ne coûte que 7f.00.

Il est aisé de voir que le prix de la préparation de 100k. de sulfure est, d'après le produit moyen, de 8 fr. 50 c. : or, la préparation mécanique de la même quantité de galène ne coûtait pas à Pezey, tous frais faits, plus de 4 fr., quoique le minerai n'en contînt que 15 pour 100; il est donc déjà évident que le procédé mécanique est plus économique que le procédé de fusion, mais on va voir que celui-ci a encore bien d'autres désavantages.

Il s'en faut de beaucoup que l'on retire par la fusion tout le sulfure d'antimoine que contient le minerai; il s'en perd de plusieurs manières :

1°. Il y a toujours un certain nombre de pots qui cassent; et quand ce sont des pots à boulets, tout le sulfure coule dans les cendres, et on ne peut en recueillir que très-peu.

2°. La matière qui reste dans les pots est enduite de sulfure d'antimoine fondu qui y adhère fortement, et qu'on ne peut en séparer ni par la chaleur ni par aucun autre moyen. La quantité en est souvent très-considérable, sur-tout si la gangue chauffée trop brusquement a été réduite en poussière, parce qu'alors le sulfure fondu est retenu entre les grains pierreux, comme de l'eau dans une éponge. Cet

accident arrive presque toujours aussi lorsque les pots se bouchent.

J'ai trouvé par l'analyse que les crasses riches contiennent 0,24 ou près d'un quart de leur poids de sulfure, et que les crasses les plus communes en renferment encore 0,09[c]. La moyenne doit être au moins de 0,11. Le minerai rendant 0,33 de sulfure, ce qui reste dans les crasses équivaut au moins à un sixième de ce que l'on obtient. Lorsque le minerai rend 0,40, le sulfure qui reste dans les crasses ne forme que le dixième de celui qu'on obtient; mais lorsque le minerai ne produit que 0,15, la portion que les crasses retiennent est égale à la moitié du poids du sulfure fondu.

3°. Les pots à boulets sont recouverts, dans leur intérieur, d'une couche de sulfure d'antimoine qu'il est impossible d'en détacher, et qui pèse au moins 150 grammes.

4°. Le sulfure d'antimoine est très-volatil; aussi la fumée du four est-elle remplie d'une vapeur blanche d'oxide d'antimoine qui incommode beaucoup les ouvriers. Cet oxide se dépose dans les cheminées, sur les pots, etc., et souvent il cristallise en groupes aciculaires d'un blanc de nacre éclatant. Il est vraisemblable que la vapeur antimoniale provient principalement du sulfure qui tombe dans le foyer lorsque quelques pots viennent à se briser; cependant, il est certain qu'il se volatilise aussi une partie du sulfure qui est contenu dans les pots, puisque les interstices des crasses dont ils sont remplis, après la fusion, sont tapissés de soufre et d'aiguilles d'oxide d'antimoine. Pour atténuer autant que possible cette cause de perte, il est

[illegible] de ne pas chauffer trop fortement [illegible] le feu aussitôt qu'on juge que la [illegible]; l'expérience suivante fera [illegible] la volatilisation pourrait devenir [illegible].

[illegible] 20 grammes de sulfure d'antimoine [illegible] parfaitement pur dans un creuset brasqué [illegible] charbon; j'ai rempli le creuset de charbon, [illegible] fermé avec un couvercle et je l'ai placé dans un fourneau à vent qui donne ordinairement une température de 40° pyrométriques. J'ai chauffé graduellement et pendant une heure et demie. Au bout de ce temps je l'ai retiré. Le bord du creuset était très-blanc. Il contenait un culot très-caverneux et adhérent de toutes parts à la brasque : sa cassure était lamelleuse et cristalline, et présentait la même couleur et le même éclat que l'antimoine métallique. Le culot ne pesait plus qu'à-peu-près 12^g^. La perte avait donc été d'environ 0,40^c^. J'ai traité 5^g^ de ce culot par l'acide nitrique pur, et il m'a donné 6,1 d'oxide d'antimoine coloré en jaune par un peu d'oxide de fer et 0,5 de sulfate de baryte qui représentent 0,07 de soufre. Le culot contenait donc :

Antimoine. 0,980
Soufre. . . 0,014

Ainsi, presque tout le soufre s'est volatilisé en entraînant beaucoup d'antimoine, et il est resté de l'antimoine métallique mêlé d'un peu de sulfure (1).

(1) Lorsqu'on chauffe le sulfure d'antimoine dans un creuset non brasqué, la volatilisation n'est que 0,15 à 0,20 au lieu de 0,40 à 0,50. Le résidu est un peu plus blanc que le sulfure

L'oxide qu'on recueille dans les cheminées ne contient pas de soufre ; je l'ai analysé, et je n'y ai trouvé qu'un mélange accidentel de sable et une trace d'acide sulfurique. On ne trouve du soufre sublimé que dans l'intérieur des pots.

L'expérience que je viens de rapporter faisait présumer que le sulfure fondu contient moins de soufre que le sulfure natif. Pour vérifier cette conjecture par l'analyse, j'ai traité 5g. de sulfure fondu par l'acide nitrique pur, j'ai étendu d'eau, décanté et bien lavé ; la liqueur m'a donné, par un sel de baryte, 5,85 de sulfate contenant 0g.,82 de soufre. J'ai extrait mécaniquement de l'oxide d'antimoine 0g.,35 de soufre, puis j'ai partagé cet oxide en deux portions égales après l'avoir desséché : la première portion calcinée a laissé 2g.,25 d'oxide d'antimoine, et la seconde, traitée par l'acide hydrochlorique bouillant, a donné 0g.,05 de soufre. Le sulfure contenait donc :

Antimoine.	0,730
Soufre. . .	0,255

J'ai lieu de croire que la perte porte sur le métal. Le sulfure natif contenant 0,27 de soufre, une partie de ce combustible a dû se dissiper pendant la fusion ; mais je suis convaincu que le sulfure du commerce en contient souvent beaucoup moins encore.

J'ai cherché à évaluer, par une expérience directe, la perte qu'éprouve le minerai par volatilisation dans l'opération de la fusion en grand.

---

natif, et contient 0,20 de soufre. Le charbon contribue donc puissamment à la désulfuration de l'antimoine; il agit de même, mais moins énergiquement, à l'égard de quelques autres métaux.

J'ai fait peser dix pots remplis de minerai, leur poids total était de 135$^{k.}$, et celui du minerai qu'ils contenaient de 105$^{k.}$. Après la fusion, les mêmes pots ne pesaient plus que 97$^{k.}$, et on a eu en outre cinq boulets qui pesaient 22$^{k.}$, total 119$^{k.}$. La perte a donc été de 16$^{k.}$. Cette perte est trop considérable pour qu'on ne doive pas en attribuer une partie à l'eau contenue dans la gangue; mais je n'ai pu recommencer l'expérience, comme je l'aurais désiré, en ayant égard à cette circonstance. Il me paraît qu'on peut évaluer au cinquième, et peut-être au quart, la somme des pertes de tous genres qu'éprouve le sulfure d'antimoine dans le traitement du minerai à la Licoulu. Ce qui précède et ce que l'on sait sur la préparation mécanique des minerais de plomb, prouve évidemment que dans le cas où le sulfure d'antimoine ne serait pas beaucoup plus difficile à séparer de sa gangue, par le lavage, que la galène, il y aurait beaucoup d'avantage à employer ce moyen au lieu de celui dont on a fait par-tout usage jusqu'à présent. Il est probable que le lavage du minerai d'antimoine demanderait plus de soin et de temps que le lavage du minerai de plomb, parce que le sulfure d'antimoine se réduit plus aisément en poudre que la galène, et qu'il est d'ailleurs moins lourd dans le rapport de 4,5 à 7,2; néanmoins, comme dans les mines de France, le sulfure d'antimoine n'est accompagné que de quarz et de pierres dont la pesanteur spécifique ne dépasse pas 2,8, et qu'il n'est jamais mêlé de baryte sulfatée ni de pyrite, je crois que le lavage ne présenterait aucune difficulté. Je l'ai tenté en petit avec le plus grand succès, et j'ai extrait, par ce moyen,

d'un minerai de la Licouln, à la vérité très-riche, 0,72[c.] de sulfure parfaitement pur. L'attention principale qu'il faudrait avoir, serait de faire le plus possible de gros sable et d'éviter de produire des boues. On atteindrait ce but en bocardant à grande eau et en criblant les sables.

En supposant que le mélange de toutes les variétés de minerais soit tel qu'il rende 0,35 par le lavage, et en partant des données que nous a fournies l'ancien établissement de Pezey, on voit qu'une petite usine composée d'un bocard à trois pilons, qui ne marcherait que pendant quatre mois, d'une caisse allemande et de sept à huit tables jumelles, suffirait pour produire 500 quintaux métriques de sulfure d'antimoine en un an. Si le minerai ne rendait que 0,15 à 0,20[c.], et il y aurait de l'avantage à réduire sa richesse à ce terme en en séparant autant de mine grasse qu'il serait possible par le triage, pour que l'usine produise 500 quintaux, il faudrait qu'elle renfermât deux caisses allemandes, quatorze à quinze tables jumelles, et que le bocard marchât huit mois ou fût à six pilons. Une semblable usine coûterait fort peu à établir. Le ruisseau qui passe à la Licouln fournirait assez d'eau pour la faire mouvoir.

Par la méthode de fusion, la perte que l'on éprouve, relativement à la quantité de sulfure que l'on obtient, est d'autant moins grande que le minerai est plus riche. La dépense décroît aussi progressivement à mesure que la richesse augmente. Si donc l'on n'avait à traiter que du minerai très-riche, l'avantage qu'il y aurait à changer le procédé pourrait n'être pas assez grand pour qu'on se déterminât à construire une

laverie; mais lorsque, comme aux mines de la Licouln et dans la plupart de nos mines, on exploite des minerais de richesse très-variable et qui ne produisent, terme moyen, que 0,33ᵉ, l'avantage du procédé de préparation mécanique est incontestable. Les exploitans qui l'adopteront y gagneront non-seulement, parce que d'une même quantité de minerai ils retireront plus de sulfure, et que pour une même quantité de fabrication il leur en coûtera beaucoup moins pour frais de préparation; mais encore parce qu'ils pourront tirer parti de minerais pauvres qu'ils jettent maintenant au rebut, et qu'ayant une moins grande masse de matières à extraire de leurs mines, il y aura économie sur les frais d'exploitation.

Ainsi, sous le rapport de l'aménagement et de la conservation de nos mines, il serait utile de substituer au procédé actuel de préparation du minerai d'antimoine le mode de préparation mécanique que l'on emploie pour la plupart des autres minerais métalliques, et les exploitans gagneraient de toute manière à ce changement. On y trouverait encore l'avantage d'appliquer à de meilleurs usages le combustible que l'on consomme aujourd'hui mal-à-propos.

Il est à désirer que nos exploitans fassent l'essai de ce procédé, et que le Gouvernement seconde les efforts qu'ils pourront faire. Un semblable essai serait très-simple, ne nécessiterait aucune construction et n'occasionnerait presque aucune dépense qui ne fût compensée par la valeur des produits.

NOTE

Sur un gisement analogue à celui de la Roche-Noire (1);

Par M. GARDIEN, Ingénieur au Corps royal des Mines.

Il existe au sud-est et près du bourg de la Capelle-Marival (à deux myriamètres environ de Figeac), une haute colline formant l'extrémité d'un chaînon qui va se lier aux montagnes du Cantal et qui paraît composée principalement d'une roche analogue à celle de Noyant, dite roche Noire.

Cette colline offre vers l'est et à sa sommité quelques couches de grès et des indices de houille. On y a fait des recherches, dans l'espérance d'y établir une exploitation; mais les résultats n'ont pas été satisfaisans.

Quoique les localités ne soient pas favorables aux observations, j'ai pu faire les remarques suivantes:

1°. Près des excavations à demi-comblées où l'on avait recherché le combustible, on trouve des fragmens de grès et de houille provenant d'un affleurement. Immédiatement à côté, on rencontre une grande quantité de blocs isolés de couleur noire ou brune à l'extérieur, jaunâtre ou verdâtre à l'intérieur, contenant des nids de péridot granuliforme en décomposition.

2°. J'ai d'abord pensé que cette roche était

(1) Cette roche a été décrite dans les *Annales des Mines*, an 1818, page 43.

volcanique, et j'ai cherché à faire de nouvelles observations qui pussent me confirmer dans cette opinion ou me forcer à la rejeter.

En parcourant la sommité et m'avançant vers l'ouest, je trouvai un chemin (celui de Figeac à la Capelle) que je suivis parce qu'il était en quelques endroits taillé dans la roche même et sur le flanc de la montagne; c'est ainsi que j'ai pu observer en place la roche Brune ou Noire dans plusieurs entailles récemment pratiquées. Cette roche se montre souvent divisée en fragmens de forme indéterminée et très-fissile.

Mais je l'ai enfin observée, divisée en prismes de 0m. 15 à 0m. 50, précisément comme les basaltes. Il est vrai que les prismes ne sont point réguliers. On y trouve néanmoins quelques angles constans.

Les prismes ne se montraient point par-tout dans toute leur hauteur : une partie était enterrée au-dessous du niveau de la route.

3°. En continuant à descendre vers la Capelle, j'ai rencontré des fragmens d'amygdaloïdes à base de Wacke terreuse.

4°. La montagne est flanquée à sa base par des terrains calcaires dont la formation m'a paru évidemment postérieure à celle de la roche présumée volcanique.

5°. Quant au terrain houiller, sa position à la sommité et sur le versant septentrional de la colline, son isolement, son peu d'étendue, permettent de présumer (car on ne peut pas conclure) que sa formation est également postérieure à celle de la roche Prismatique.

Lorsque M. Berthier a vu les gisemens de Figeac, Capdenac, la Capelle, dont il parle

dans sa note sur la roche Noire de Noyant, il penchait à les regarder comme de formation volcanique (*Journal des Mines, t. XXVII, p.* 489); mais aujourd'hui il abandonne cette opinion. J'avoue qu'il est difficile de motiver parfaitement une opinion à ce sujet. J'ai remarqué plusieurs fois que les terrains volcaniques de l'Auvergne avaient une étendue plus considérable qu'on ne l'avait imaginé. Les basaltes s'étendent presque jusqu'aux frontières du Languedoc.

M. Cordier a donné en 1807 une description de la colline de la Capelle qu'il regarde *comme volcanique*. (*Journal des Mines, n°.* 126, *p.* 470.) Dans cette description, M. Cordier évalue à un hectare l'espace occupé par la roche volcanique, mais les travaux de la route de Figeac prouvent que la masse de cette roche est beaucoup plus considérable. Sans doute, puisqu'il existe à la roche Noire des alternations de grès houiller et de roche amphibolique, on doit regarder cette dernière comme associée au terrain houiller, ce qui exclurait l'origine volcanique, si cette alternance était complète et réciproque.

Mais tous les minéralogistes qui observeront la montagne de la Capelle, y reconnaîtront une identité si parfaite entre la roche qui la compose et les basaltes, qu'ils seront d'abord portés à admettre la formation volcanique, ainsi que l'a fait M. Cordier, et comme M. Berthier l'avait fait d'abord.

Malgré l'analogie établie par ce dernier entre la roche de l'Allier et celle du Lot, je pense que jusqu'à ce qu'on ait pu faire des observations

concluantes à la Capelle, on doit regarder la colline dont je parle comme volcanique et préexistante,

1°. Au terrain houiller qui recouvre une partie de sa sommité;

2°. Au terrain calcaire qui environne sa base.

NOTE sur les Roches de Figeac;

PAR M. P. BERTHIER, Ingénieur au Corps royal des Mines.

LORSQUE j'ai visité les roches de Figeac, j'ai employé plusieurs jours à parcourir dans toutes les directions le terrain qui les renferme : j'aurais pu en donner une description détaillée; mais dans l'état d'incertitude où je me trouvais, j'ai cru qu'une semblable description ne pourrait être que très-fastidieuse pour le lecteur, et je me suis contenté d'en rapporter les traits principaux dans une note (*Journal des Mines, t. XXVII, p* 229), en exprimant mes doutes sur la volcanicité de ces roches. Ces doutes étaient fondés sur ce que quoiqu'ayant de grands rapports avec les basaltes et les laves altérées, les roches de Figeac me paraissaient cependant en différer beaucoup par leur aspect, et sur-tout par leur gisement; j'avais pour termes de comparaison les volcans de l'Auvergne au milieu desquel j'habitais depuis trois ans, et il me semblait évident que les roches de Figeac, quelle que fût leur origine, ne pouvaient point être une dépendance de ces volcans. Je n'aurais peut-être pas

hésité alors à les déclarer neptuniennes, sans l'autorité du savant géologue, qui, le premier, les a fait connaître. Depuis j'ai vu la *roche Noire* qui m'a paru être évidemment de formation stratiforme, ainsi qu'à MM. Duhamel, Lelièvre et Puvis. J'ai été frappé de l'analogie qu'a cette roche avec celles de Figeac, et j'ai conclu que les unes et les autres ont la même origine.

Tout ce que M. Gardien dit dans sa note sur la butte de la Capelle est absolument conforme à ce que j'ai dit des roches de Figeac en général. Il juge aussi ces roches analogues à la roche Noire. Néanmoins il pense que la montagne de la Capelle est volcanique, parce que la roche qui la compose a *une identité parfaite* avec les basaltes. Cette identité ne me paraît pas assez fortement établie pour me faire changer d'opinion; je crois qu'il y a analogie et non identité; c'est cette analogie qui jette sur ces roches du doute et de l'intérêt, et c'est malgré cette analogie que je persiste à les regarder comme contemporaines au terrain houiller et de même formation que lui. La circonstance déterminante pour moi est le mode de gisement. Les roches de Figeac et de Noyant ne renferment point de cailloux roulés et ne ressemblent en rien à des poudings. Si elles sont volcaniques, elles sont donc le produit immédiat d'une irruption; or, comment concevoir qu'une coulée, ignée ou boueuse, se soit introduite au milieu d'un terrain houiller, règne dans toute son étendue, et ne règne que là, passe par nuances aux grès et aux schistes argileux et possède une allure géologique tout-à-fait semblable à celle des roches qui composent ce terrain? Comment ima-

giner qu'un pareil accident ait pu se reproduire avec les mêmes circonstances dans deux localités situées à cent lieues l'une de l'autre? Chacun sait que cette manière d'être n'est pas celle des matières volcaniques, que l'on voit souvent à la vérité en bancs immenses, quelquefois même réguliers, mais jamais dans un véritable état de stratification.

Je suis loin de croire, au reste, que mon opinion ne puisse être contestée. Je laisse maintenant aux savans à décider. Je me féliciterai si cette discussion peut les décider à s'occuper du terrain de Figeac sur lequel je me suis efforcé d'appeler leur attention. Je terminerai en faisant remarquer que s'il était prouvé que ce terrain fût volcanique, il en résulterait qu'il y a eu des volcans antérieurement à la formation des houilles, fait qu'il serait d'autant plus important de constater, qu'il est contraire à toutes les observations que l'on a recueillies jusqu'à ce jour.

TABLEAUX

1°. DES SUBSTANCES MINÉRALES QUI ONT ÉTÉ IMPORTÉES DE L'ÉTRANGER OU EXPORTÉES DE FRANCE EN 1816 ET 1817;

2°. DES PRODUITS BRUTS DES MINES, MINIÈRES, TOURBIÈRES, SOURCES SALÉES ET MARAIS SALANS DU ROYAUME, EN 1817.

TABLEAU des substances minérales qui ont été importées
rédigé d'après les documens officiels fournis par l'Ad-
Chaussées et des Mines.

Ire. SECTION.
Substances métalliques.

Antimoine,
cru ou sulfuré..
en régule..
Argent,
en lingots, en masses, ouvrages détruits....................
battu, tiré, laminé ou filé....................................
monnoyé..
en orfévrerie..
en bijouterie..
Arsenic,
métallique..
sulfure jaune (orpiment)....................................
sulfure rouge (réalgar)....................................
Bismuth,
métallique..
Cobalt,
métallique (cobalt gris ou arsenical?)....................
oxidé (safre)..
oxidé et vitrifié, en masses (smalt)........................
oxidé et vitrifié, en poudre (azur)........................
Cuivre,
en minerai..
pur, en gâteaux, lingots ou masses brutes....................
— vieux ouvrages brisés........................
— battu, laminé, coulé pour certains emplois..............
— filé..

de l'étranger ou exportées de France en 1816 *et* 1817,
ministration des Douanes à l'Administration des Ponts et

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
743	551	48,336	21,251
105	79	986	
789	11,363	935	502
»	»	46	143
178,573	428,321	373,410	179,610
837	151	8,479	4,789
57	2	2,596	»
4,997	2,549	2,548	177
58,182	11,774	2,364	1,105
21,303			
379	747	»	29
126	199	100	2,330
149,140	137,229	1,122	827
7,352	1,254	»	»
1,618,525	1,656,046	10,311	39,837
294,716	141,301	»	725
276,707	249,949	52,875	28,370
18,049	50,056	8,661	7,735

Suite de la Ire. SECTION. — *Substances métalliques.*

Cuivre,
allié de zinc, laiton en masses brutes..........................
— battu, laminé, coulé..........................
— filé, non poli..........................
— filé et poli pour cordes d'instrumens..........................
— filé et poli pour broderie..........................
allié d'étain, airain, potin gris, bronze..........................
doré, en lingots..........................
— battu, tiré ou laminé..........................
— filé sur fil..........................
argenté, en masses ou lingots..........................
— battu, tiré ou laminé..........................
— filé sur fil..........................
pur et ouvré sous des formes diverses..........................
en limailles..........................
plaqué d'or ou d'argent, ou vernissé..........................
Étain,
en minerai..........................
brut en saumon ou en masse..........................
battu ou laminé..........................
ouvré..........................
oxidé..........................
caractères d'imprimerie en état de servir..........................
— — hors de service..........................
Fer,
en minerai (prohibé à la sortie à une exception près)..........................
en fonte brute ou gueuses..........................
— — moulée en projectiles..........................
— — moulée sous toute autre forme..........................
forgé en massiaux ou prismes..........................

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
confondu avec le	69,434		
cuivre pur.	conf. av. le cuiv. p.		
686,223	622,056	confondus avec le cuivre pur.	871
1,862	2,207		
»	»		
101,558	58,892	11,721	176,906
»	»	21	»
11,742	15,232	2,533	840
91	40	2,061	1,090
9,959	4,317	»	»
21,394	14,822	»	444
11	16	»	»
»	»	155,430	174,651
1,819	2,334	»	»
»	»	317,449	106,750
1,155	»	»	»
267,335	419,936	8,961	20,769
5,412	31	29,546	32,159
»	»		
»	45	592	334
270	1,422	32,067	35,695
2,015	2,627		374
42,693	457,059	56,500	313,660
2,250,864	2,765,446	172,167	185,409
41,153	529,928	prohibé.	prohibé.
»	»	364,084	1,177,165
prohibé.	prohibé.	conf. av. les barres.	conf. av. les barres.

Suite de la Ire. SECTION. — *Substances métalliques.*

Fer,

forgé en barres plates (la surface de la tranche ayant plus de 366 mil. c.).
— — (la tranche ayant de 213 à 366 millim. c.)....
— — (la tranche ayant moins de 213 millim. c.)...
— en barres carrées, ayant plus de 22 millim. de largeur.....
— — ayant de 15 à 22 millim. de largeur.....
— — ayant moins de 15 millim. de largeur...
— en barres rondes, de 15 millim. et plus de diamètre......
— — ayant moins de 15 millim. de diamètre..
platiné ou laminé, ordinaire (tôle)........................
— étamé (fer-blanc)........................
tréfilé, fil de fer ordinaire ou étamé........................
ouvré en ancres de 250 kilogrammes et au-dessus..............
— au-dessous de 250 kilogrammes..............
— sous formes diverses en fer, tôle ou fer-blanc..........
acier, forgé, battu, laminé...................................
— fondu...................................
— filé...................................
— ouvré sous formes diverses...........................
— — en objets de coutellerie...........................
pailles et limailles...................................
faux...................................
faucilles et autres instrumens aratoires........................
limes et râpes, empaillées de 1 à 6 au paquet..................
— fines...................................
outils, en fer pur...................................
— en fer rechargé d'acier...........................
— de pur acier, de cuivre et de laiton.....................
hématite...................................
sanguine...................................

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
3,805,129	11,242,068		
122,009	293,386		
35,502	26,710		
	1,518,812	2,732,441	668,137
	367,995		
confondus avec	356		
les barres plates.	326,674		
	12,914		
306,013	86,806	28,276	41,484
493,001	384,625	196,781	112,317
4,347	173	158,358	
20,866	10,211	8,348	8,490
34,118	24,142		
prohibé.	prohibé.	1,163,435	2,581,184
570,623	636,424		
167,023	160,819	17,784	6,454
2,065	2,369		
prohibé.	prohibé.	47,537	3,492
prohibé.	prohibé.	69,823	128,872
582	»	prohibé.	prohibé.
247,709	384,903	124,713	17,121
19,188	17,981		
272,672	157,955	63,083	1,373
87,554	10,215		
192	159,026	163,207	37,874
175,288	105,716		44,074
onf. av. les lim. f.	107,735	5,455	16,409
45	30	»	»
53,526	5,624	10,997	2,490

Suite de la Ire. SECTION. — *Substances métalliques.*

Fer,
aimant.
œtite ou pierre d'aigle.
ocre jaune ou rouge.
oxide de fer dit colcothar.
Manganèse,
oxidé.
Mercure,
métallique.
sulfuré en pierre (cinabre).
sulfuré en poudre (vermillon).
Platine,
métallique.
Plomb,
sulfuré (alquifoux).
métallique en saumons ou lingots.
coulé en balles de fusil ou de pistolet.
battu ou laminé.
ouvré de toutes sortes.
Or,
en lingots, en masses, en poudre.
battu, laminé, tiré, en paillettes et clinquans.
filé sur soie.
monnoyé.
en orfévrerie.
en bijouterie.
Zinc,
calamine brute.
calamine grillée.

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
5	57	»	»
»	13	»	»
74,904	82,418	438,254	731,718
14	58	»	130
563,006	210,244	127,317	11,218
38,143	25,169	181	986
589	506	1,791	2,050
8,810	7,572		
2 $\frac{1}{6}$	»	»	»
772,752	674,571	prohibé.	prohibé.
4,928,159	2,582,969	5,228	171,490
42	2	»	»
37,999	18,366	90,032	117,796
			28,557
987	790 $\frac{1}{2}$	2,450	184 $\frac{1}{4}$
»	6 $\frac{1}{5}$	5 $\frac{1}{2}$	127 $\frac{2}{5}$
»	»	2 $\frac{1}{5}$	493 $\frac{1}{5}$
3,435 $\frac{1}{5}$	7,316 $\frac{3}{4}$	23,742	5,181
2 $\frac{3}{5}$	»	613	434
6 $\frac{1}{4}$	17 $\frac{2}{5}$		872 $\frac{4}{5}$
1,776	800	5	52
67,003	197,255	1	»

Suite de la IIIe. SECTION. — *Substances combustibles.*

Soufre,
épuré, en canons. . . . .
sublimé, en poudre. . . . .
Succin,
de toute espèce (ambre jaune). . . . .
Tourbe,
de toutes sortes. . . . .

IVe. SECTION.

Substances pierreuses.

A, recevant le poli.

Diamans,
bruts. . . . .
taillés. . . . .
Gemmes diverses,
brutes. . . . .
taillées. . . . .
Agates,
brutes. . . . .
ouvrées, en chiques. . . . .
— autres taillées. . . . .
Marbres,
bruts. . . . .
ouvrés, en chiques. . . . . }
— sous autres formes. . . . . }
Albâtre,
brut. . . . .

QUANTITÉS IMPORTÉES en 1816.	QUANTITÉS IMPORTÉES en 1817.	QUANTITÉS EXPORTÉES en 1816.	QUANTITÉS EXPORTÉES en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
46,361	78,753	22,493	39,226
532	1,284	16,868	41,561
637	696	»	935
16,363	4,350	»	»
grammes.	grammes.	grammes.	grammes.
conf. a. les gem. br.	6,200		
4,906	5,000		
		945,534	345,674
5,080	249,000		
767,131	792,900		
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
»	28		
44	80	1,157	233
1,665	541		
1,527,053	2,626,565	156,934	112,148
311,628	488,053	95,417	114,870
12,251	10,588	9,190	105

Suite de la IVe. SECTION. — *Substances pierreuses.*

Albâtre,
ouvré, sculpté, poli ou scié.. . . . .

B, employées dans certains arts.

Argile,
d'Arménie ou terre de Lemnos.. . . . .
à foulon (terre de pipe). . . . .
à terrer (terre à sucre).. . . . .
à porcelaine (Derle). . . . .
Amiante. . . . .
Cailloux à porcelaine et à faïence. . . . .
Castine et spath.. . . . .
Émeril.. . . . .
Groison.. . . . .
Meules à moudre,
de plus de 195 centimètres de diamètre. . . . .
— de 195 à 130 centimètres. . . . .
de moins de 130 centimètres.. . . . .
Meules à aiguiser,
de 122 à 108 centimètres de diamètre. . . . .
de 108 à 92 centimètres. . . . .
de 92 à 68 centimètres. . . . .
de 68 à 64 centimètres. . . . .
de 54 à 41 centimètres. . . . .
au-dessous de 41 centimètres.. . . . .

Marne. . . . .
Pierre à aiguiser. . . . .
Pierre à feu, autres que les agates. . . . .
Pierre ponce. . . . .

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
29,785	19,340	5,839	8,081
1,190	5,416	»	122
1,833,649	1,957,542	129,329	131,948
»	»	21,340	»
14,550	81,860	20,794	17,955
527	505	»	»
40,523	4,600	30,420	10,210
»	14,506	70,400	380,444
9,661	21,922	25,007	6,679
643	»	»	5,667
nombre.	nombre.	nombre.	nombre.
33	58	24	29
85	92	250	389
62	112	39	265
1,386	147	33	57
625	254	1	828
4,614	2,605	1,431	346
4,014	2,914	784	6,304
8,526	4,853	1,088	4,825
8,180	3,403	5,228	3,205
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
624,690	19,900	16,171,487	23,444,000
182,120	163,277	127,840	106,607
8,730	5,388	611,421	420,930
51,668	80,724	21,401	14,624

Suite de la IVe. SECTION. — *Substances pierreuses.*

Pierre de touche. . . . .
Pierre à lithographie. . . . .
Sables pour les arts. . . . .
Tripoli, alana, etc., craie. . . . .

C, matériaux de construction.

Ardoises,
pour toiture. . . . .
en carreaux ou en table. . . . .
Argile glaise,
terres glaises de toute espèce. . . . .
Briques et tuiles,
plates. . . . .
bombées. . . . .
Carreaux,
en terre cuite. . . . .
en pierre. . . . .
Chaux,
de toute espèce. . . . .
Ciment,
de toute espèce. . . . .
Pierre,
à bâtir. . . . .
à paver. . . . .
Plâtre,
brut. . . . .
calciné ou moulu. . . . .
moulé ou coulé en figures, etc. . . . .

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
»	6	»	»
2,551	6,486	»	»
268,250	6,150	127,044	»
29,549	9,815	817,472	484,576
nombre.	nombre.	nombre.	nombre.
1,157,814	861,638	32,253,384	22,222,050
5,236	4,342	75	1,305
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
conf. a. la marne.	843,549	363,336	conf. a. la marne.
nombre.	nombre.	nombre.	nombre.
2,829,653	1,504,002	6,347,510	15,103,286
confondus avec les briques.	1,173,056	confondus avec les briques.	22,000
	19,005		»
kilog. 73,500	kilog. 70,500	kilog. 387,100	kilog. 411,070
5,713,748	6,037,191	1,342,935	3,800,450
7,985	6,500	8,680	»
1,936,689	2,290,215	1,195,853	2,336,344
70,100		865,850	902,621
44,920	229,310	11,027,351	10,923,130
388,985	816,994		
valeur.... 431fr.	»	valeur. 24,229fr.	valeur. 257,723fr.

Suite de la IVe. SECTION. — *Substances pierreuses.*

Pouzzolane,	
de toute espèce...	
Sable commun,	
de toute espèce.	

D, poteries.

Poterie de terre,	
grossière..	
faïence.	
Poterie de grès,	
commune et terre de pipe.	
fine..	
Porcelaine,	
commune..	
fine..	

QUANTITÉS IMPORTÉES		QUANTITÉS EXPORTÉES	
en 1816.	en 1817.	en 1816.	en 1817.
kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
394,519	216,879	3,600	14,940
conf. a le sable propre aux arts.	480,917	186,950	142,266
1,124,324	728,560	1,847,906	2,248,652
12,658	4,477	1,204,603	809,125
3,590	2	48,365	68,418
prohibé.	prohibé.		
186	1,186	373,131	130,610
112	121		689,860

TABLEAU des produits bruts des mines, minières, tourbières, sources salées et marais salans du royaume, en 1817; rédigé d'après les documens existans à l'Administration des Ponts et Chaussées et des Mines.

SUBSTANCES EXTRAITES.	QUANTITÉS.	OBSERVATIONS.
A, métalliques.	kilog.	
Antimoine, sulfuré ou cru.	119,500	Une partie de ce produit est réduite en métal ou régule dans de très-petits ateliers fort éloignés des mines et sur lesquels les renseignemens sont en retard.
Argent, fin en lingots.	1,343	L'exploitation de plusieurs mines est suspendue depuis plusieurs années.
Chrome, oxidé.	mémoire.	La seule mine exploitée a été suspendue en 1817.
Cuivre, brut dit cuivre noir.	165,000	Plusieurs mines sont abandonnées depuis long-temps.
Étain, métallique.	mémoire.	On est en recherches sur deux mines récemment découvertes.
Fer, * minerai exporté.	313,660	L'exportation a lieu en vertu d'une mesure d'exception.
hydrate argileux (ocre).	390,000	
fonte moulée.	10,986,500	Ces résultats sont ceux des mines et minières de cinquante départemens; les produits des quatorze départemens, dont les états sont en retard, doivent excéder le tiers des totaux ci-contre. Le fer et l'acier bruts sont élaborés et transformés dans un grand nombre d'usines secondaires, ce qui augmente beaucoup la valeur du métal, tout en occasionnant des déchets divers sur les quantités.
fer de forge brut.	60,544,700	
acier de forge brut.	887,700	
Manganèse, oxidé.	77,500	

SUBSTANCES EXTRAITES.	QUANTITÉS.	OBSERVATIONS.
Suite. — *A*, métalliques.		
	Kilog.	
Plomb,		
sulfuré (alquifoux)	119,100	Plusieurs mines sont abandonnées depuis long-temps; on est en recherches sur quelques autres.
métallique en saumons.	383,400	
— grenaillé.	50,500	
litharge.	124,200	
oxidé.	10	
Or, fin en paillettes.	mémoire.	Le seul filon qui soit connu est abandonné. Les sables aurifères du Gard, de l'Arriége et de la Haute-Garonne, sont exploités de temps à autre. Il n'y a point d'états de produits pour 1817.
B, salines.		
Muriate de soude, * de toutes qualités.	260,000,000	Ce résultat très-approximatif, indépendamment des produits des sources salées et marais salans, comprend le muriate de soude des raffineries de salpêtre.
Sulfate de soude, * purifié (sel de Glauber).	mémoire.	Ce produit, qui est peu considérable, provient des sources salées. Les états de 1817 sont en retard.
Sulfates d'alumine et de fer mélangés, magmats ou mordans.	48,000	Non compris les produits des minières qui sont considérables et dont les états sont en retard. Il se fabrique en outre de l'alun de toutes pièces dans quelques manufactures de produits chimiques.
Sulfate d'alumine, aluns de toutes qualités.	411,500	
Sulfate de fer, couperose verte de toutes qualités. .	570,700	
Sulfate de magnésie, purifié (sel d'Epsom).	mémoire.	Ce produit est peu considérable; les mines d'alun et de couperose n'en ont point fourni en 1817. Quant aux minières, les états sont en retard.
C, combustibles.		
Bitumes,		
asphalte solide (mastic d'asphalte). .	5,400	
asphalte visqueux (graisse d'asph.). .	10,700	

SUBSTANCES EXTRAITES.	QUANTITÉS.	OBSERVATIONS.
Suite. — *C*, combustibles.		
	kilog.	
Bitumes,		
naphte.	mémoire.	Il n'en a point été extrait en 1817.
pétrole.	89,400	
Houille,		
de toutes qualités (charbon de terre).	852,408,590	
Lignite,		
de toutes qualités.	978,900	Non compris les produits assez considérables des minières dont les états sont en retard.
Soufre,		
en canons.	mémoire.	Produit accessoire d'une mine de cuivre qui n'en a point donné en 1817.
Tourbe, *		
de toutes qualités.	991,559,000	Résultats approximatifs qui ne comprennent qu'environ les $\frac{4}{5}$ du produit général. Plusieurs états de produits pour 1817 sont en retard.

OBSERVATIONS sur les deux Tableaux qui précèdent;

PAR M. LOUIS CORDIER, Inspecteur divisionnaire au Corps royal des Mines.

CHARGÉ de rédiger les deux tableaux ci-dessus, je regrette beaucoup que la nécessité de ne pas faire paraître trop tard la 4e. livraison des *Annales* de 1818, n'ait pas permis d'attendre que les états de produits, qui se sont trouvés en retard, fussent arrivés; j'ai tâché de suppléer aux lacunes qui en résultent dans le second tableau, en indiquant, approximativement, l'étendue de ces lacunes à l'égard du fer et de la tourbe. J'éprouve aussi le regret de n'avoir pu donner la valeur des substances dans l'un et l'autre tableau; mais il s'est présenté de telles difficultés dans l'exécution, qu'il a fallu renoncer à cette amélioration, du moins pour cette fois.

Le traité de paix du 20 novembre 1815 a enlevé à la France deux petites portions de territoire situées sur la Sarre et l'Escaut, qui produisaient environ 1,100,000 quintaux métriques de houille. Cette perte est compensée jusqu'à un certain point par l'accroissement progressif qui a eu lieu dans les produits de nos exploitations depuis 1812. Cet accroissement monte à près de 1,500,000 quintaux métriques.

D'après les documens exposés dans le mémoire que j'ai publié, en 1814, sur les mines de houille de France (*Journal des Mines, vol. XXXVI*), l'importation de la houille s'élevait en 1789 à plus de 2,200,000 quintaux métriques, quantité égale à la moitié de ce que nos exploitations produi-

saient alors. Il est assez curieux de voir qu'en 1817, l'importation a été de 2,388,513 quintaux métriques, et qu'en déduisant 199,873 quintaux métriques, montant des exportations, les quantités importées se retrouvent précisément les mêmes après un laps de vingt-huit ans. Mais il y a cette grande différence, c'est que la houille introduite ne forme plus maintenant que environ le quart de la quantité que nous retirons de nos exploitations.

Ces données sont importantes; elles prouvent que cette branche de notre industrie a beaucoup gagné; mais ce n'est point assez. Si malgré les progrès de nos méthodes et la concurrence active de nos exploitans, l'égalité des quantités importées se reproduit annuellement avec obstination, il est évident que le tarif des droits d'entrée, qui ont été votés chaque année d'après les bases adoptées en 1814, est resté fort au-dessous de ce qu'il devrait être pour balancer les inconvéniens qui naissent de l'éloignement où sont nos établissemens des principaux lieux de consommation, lesquels sont en grande partie situés le long de la frontière maritime. Ce résultat était facile à prévoir, et les craintes que j'ai exprimées à ce sujet en 1814, étaient fondées sur des motifs trop nombreux et trop évidens, pour n'être point partagées par l'Administration des Mines; il est bien à regretter que son intervention, lors de la fixation du tarif, n'ait eu qu'un succès incomplet.

On peut estimer que les trois quarts de la houille importée entrent par la frontière maritime. Le droit pour le quintal métrique (100 kilogrammes), est de 1 franc par navires français et 1 franc 50 centimes par navires étrangers.

La houille se vend 6 fr. à 6 fr. 50 le quintal métrique. Le vendeur qui l'introduit dans les ports en retire environ 5 francs. Si on s'arrête à ce dernier nombre, on trouve qu'en 1816 la seule importation de la houille, par mer, a fait sortir du royaume près de 9,000,000 de francs; en 1816 il est sorti 12,000,000 de francs pour le même objet : capitaux perdus pour l'État, sans presque aucun avantage pour le consommateur et au grand détriment de nos exploitations qui déjà supportent assez d'inconvéniens résultant de leur propre concurrence.

Malgré les droits d'entrée mis sur le fer et l'acier, nous sommes également tributaires de l'étranger pour ces deux substances. A ne considérer que le fer en barres de toutes dimensions, nous en avons exporté, en 1817, la faible quantité de 6,681 quintaux métriques; il en a été introduit 137,889 quintaux. Si, d'après les données contenues au second tableau, on suppose que nos usines en ont fabriqué 806,262 quintaux, l'importation aura été égale au sixième de notre production. Au prix de 40 francs seulement le quintal métrique, arrivant aux frontières, la quantité importée a fait sortir de France un peu plus de 6,000,500 francs. Au total on peut évaluer que le commerce des fers et aciers de toutes sortes a été, en 1817, de près de 10,000,000 de francs à notre désavantage. D'après ces notions, il n'est pas étonnant que depuis 1814 beaucoup de maîtres de forges se soient trouvés dans la nécessité de reproduire chaque année leurs réclamations contre l'insuffisance du tarif.

Pour qu'on puisse se faire une idée du développement de l'industrie, dans nos différentes usines à fer, je vais rapporter les résultats ab-

solus de chaque espèce de fabrication dans les cinquante départemens précités, pendant l'année 1817. Ces résultats ne sont point susceptibles d'être additionnés; on ne pourrait le faire sans commettre une infinité de doubles emplois, le métal n'étant livré au commerce qu'après avoir successivement subi des transformations ou façons plus ou moins nombreuses.

Produits bruts de cinquante départemens.

	quint. métriques.
Fonte moulée (au sortir du haut fourneau).	109,865
Fonte brute.	721,307

Ce second produit est presque immédiatement refondu et reçoit l'une des trois formes suivantes :

		quint. métriques.
Fonte moulée de seconde fusion.		800
Fer de forge brut	en barres.	592,631
	essieux, gros outils.	12,816
Acier de forge brut	ferreux dit de charrue.	410
	ordinaire.	8,467

La forte proportion des fers et aciers bruts, relativement à la fonte brute, vient 1°. de ce que les produits directs de quatre-vingt-dix-huit forges à la Catalane sont réunis à ceux des affineries; 2°. de ce qu'il a été importé 27,654 quintaux métriques de fonte brute. L'exportation n'a été que de 1,854 quintaux métriques; une partie de l'excédant a été réduite dans nos forges.

Produits des élaborations qu'a subies une partie des fers et aciers bruts ci-dessus.

Fer martiné.	86,432 quint. mét.
Fer de fenderie.	143,885
Tôle et fer platiné.	43,235
Fils de fer de toute espèce.	20,459
Grosse taillanderie.	7,820
Faux et faucilles.	71,658 pièces.
Poëlerie.	1,987 quint. mét.
Clous de grandes dimensions.	4,000
Acier de forge martiné.	2,825

Acier de cémentation brut.........	1,673 quint. mét.
Acier de cémentation martiné, étoffes.	577
Limes et râpes..................	10,985 pièces.
Fer-blanc.......................	15,670 caisses.

A défaut de renseignemens complets sur le nombre des ouvriers qui ont été employés, en 1817, à l'extraction et à l'élaboration des substances minérales proprement dites, on pourra se contenter de l'aperçu suivant, que je diviserai par nature d'exploitations.

	ouvriers.
Mines et usines, dont les produits ne sont point marqués d'un astérisque dans le Tableau général; nombre exact.	12,128
Mines et usines pour l'alun, la couperose et le lignite, dont les états de produits sont en retard; nombre hypothétique...	600
Mines, minières et usines à fer de cinquante départemens, dont les états ont été fournis; nombre très-approximatif pour les mines et minières.	5,800
Nombre exact pour les usines de toute espèce.	9,775
Mines, minières et usines à fer des quatorze départemens dont les états sont en retard; nombre hypothétique..	5,000
Usines pour l'élaboration secondaire du cuivre; nombre hypothétique.............	400
Sources salées et marais salans; nombre hypothétique..	5,200
Tourbières, dont les états ont été fournis; nombre approximatif.	32,511
Tourbières, dont les états n'ont point été fournis; nombre hypothétique..	8,000
APERÇU du nombre total des ouvriers, en 1817.	79,414

Les carrières souterraines emploient un nombre d'ouvriers fort considérable; il en est de même des carrières à ciel ouvert : nous en faisons abstraction. Dans le nombre ci-dessus de 79,414, beaucoup d'ouvriers sont pères de famille; d'où il suit que deux à trois cent mille

individus ont vécu de l'industrie appliquée à l'extraction ou à l'élaboration des substances minérales proprement dites.

Ajoutons maintenant que les progrès de cette industrie, considérés seulement de cinq ans en cinq ans, sont extrêmement sensibles. Chaque année amène quelques améliorations notables. Il s'en prépare en ce moment même sous les auspices de l'Administration ; elles sont relatives à la production du fer et de l'étain, et peut-être même à celle de l'alun. Aussitôt qu'il y aura des résultats, nous saisirons la première occasion d'en rendre compte.

Mais il reste beaucoup à faire. C'est ainsi que les mines métalliques, délaissées dans l'étendue de la France, soit vers les premiers siècles du bas-empire, soit après la découverte de l'Amérique, soit même dans des temps plus modernes, offrent un vaste champ que l'Administration seule pourra remettre en valeur ; la loi du 21 avril 1810 (*article* XXXIX) en avait créé les moyens. Ces moyens étaient puissans, mais ils n'existent plus depuis 1814. S'il était permis d'interpréter ici les vues du profond administrateur qui dirige maintenant le Département des mines, nous dirions que cet important objet n'a point échappé à sa pensée, et nous oserions présumer qu'il y sera pourvu dès que la situation des finances de l'État permettra d'y consacrer des fonds suffisans. Ce qui importe le plus, c'est que cette entreprise, qui peut devenir mémorable dans l'histoire de notre industrie, reçoive un commencement d'exécution, et qu'elle soit combinée de manière à rouler le plus tôt possible sur ses propres produits.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

Sur C.-M. Brédif, *Ingénieur au Corps royal des Mines.*

La perte que le Corps des mines vient de faire de M. Brédif, a été vivement ressentie par tous ses camarades, mais sur-tout par ceux qui, sortis en même temps que lui de l'école pratique de Moutiers, avaient été les témoins de ses succès et les appréciateurs de ses excellentes qualités. Qu'il soit permis à l'un d'eux, son condisciple à l'école Polytechnique, à l'école des Mines, lié avec lui d'une amitié que la mort seule a pu rompre, de lui payer un dernier tribut d'attachement et de regrets!

Charles-Marie Brédif était né à Paris le 14 août 1786; il se trouvait l'aîné d'une famille nombreuse, dont presque tous les membres se sont distingués dans leurs études, et remplissent aujourd'hui, avec honneur, des fonctions civiles ou militaires. Dès son entrée à l'école Polytechnique, il se fit remarquer des professeurs par son application, sa facilité et l'excellence de son jugement; ses camarades chérissaient en lui cette franchise, cette gaîté vive, cette aimable cordialité, indices certains d'un bon cœur, et qui embellissent de tant de charmes les liaisons de la jeunesse. Admis ensuite à l'école des Mines de Pesey, où semblait l'appeler son goût pour les sciences naturelles et pour la chimie, il s'y fit bientôt distinguer comme à l'école Polytechnique. Toutes les branches des études devinrent, tour-à-tour, l'objet de son ardente application; tantôt gravissant les montagnes qui environnent l'école pratique, accompagné de quelques camarades qu'excitait son zèle et que son agilité devançait presque toujours, il découvrait des substances minérales nouvelles pour ces contrées, telles que l'anatase et l'épidote du pont de Briançon; tantôt, revenu à des études plus paisibles, il rédigeait, sur ses courses métallurgiques, des mémoires remplis de judicieuses observations, dignes de fixer l'attention des professeurs de l'école : souvent il s'occupait, au laboratoire, d'analyses utiles ou curieuses, qui ont servi, plus d'une

fois, de modèles à ses condisciples. Son obligeance était extrême; ses notes, ses desseins appartenaient à ses camarades comme à lui-même, et celui qui rédige cette notice en a fait bien des fois l'expérience.

Avec tant de zèle et son heureuse facilité, les succès de M. Brédif devaient être rapides : aussi fut-il nommé ingénieur en décembre 1810, avant le terme habituel des études. Envoyé, presque aussitôt, sur l'établissement de Pesey, et nommé sous-directeur après le départ de M. Beaussier, dont le Corps des mines regrette encore la perte, il y acquit promptement des connaissances pratiques fort étendues, et se trouva à portée de rendre des services que l'Administration a su apprécier. Le respectable directeur de cet établissement, à qui l'art des mines et le Corps lui-même ont de si grandes obligations, l'avait eu bientôt jugé, et ses regrets ont honoré la mémoire du jeune ingénieur qui se félicitait d'avoir été son élève. La force des armes ayant décidé, en 1814, du sort de la Savoie, M. Brédif, après avoir soutenu avec courage, et jusqu'au dernier moment, les intérêts de la mine, fut chargé de remplir à l'école de la Sarre les fonctions dont il s'était si bien acquitté en Savoie, et partit pour Geislautern, sans prévoir qu'il allait chercher de nouveaux malheurs. A peine, accompagné d'une sœur chérie qui avait voulu s'unir à son sort, s'y était-il installé, qu'une seconde invasion vint encore l'y poursuivre, et ramener, au bord de la Sarre, les mêmes ennemis auxquels les solitudes des Alpes n'avaient pu le dérober. Échappé, avec peine, à des dangers plus pressans que les premiers, privé d'une partie de ce qu'il possédait, mais non découragé, il revint à Paris attendre le moment d'être placé dans un département.

Alors se préparait cette expédition du Sénégal, devenue si malheureusement célèbre. La position où se trouvait M. Brédif, le désir de s'instruire, de devenir utile à sa famille, et sur-tout à une sœur qu'il aimait tendrement, tout le décida à accepter les propositions du ministre de la marine. Il s'embarqua à Rochefort sur la frégate la Méduse, dont le nom seul rappelle aujourd'hui de si cruels souvenirs. Au milieu du désordre qui accompagna le naufrage, M. Brédif, qui voyait la mer pour la première fois, montra un courage et un sang-froid dignes des plus grands éloges : il eut le bonheur de sauver un de ses amis, M. de Chatelus, ingénieur géographe, qui sans lui tombait à la mer; il ne quitta la frégate

que l'un des derniers, et entra, dans la chaloupe, le quatre-vingt dix-neuvième, immédiatement avant l'officier qui la commandait, lorsque la mer n'était plus qu'à deux pouces du bord de ce frêle esquif. Échappé, comme par miracle, au plus affreux désastre dont la marine française ait conservé la mémoire, obligé de faire soixante lieues à pied sur un sable brûlant, il trouvait encore, malgré l'épuisement de ses forces, le moyen d'être utile, en portant dans ses bras les enfans de l'intendant de la colonie. Bravant avec courage des privations et des souffrances inouïes, il arriva enfin à Saint-Louis avec ses compagnons d'infortune. C'est de là, qu'à peine remis de tant de fatigues, il envoya à sa sœur une relation de son naufrage, remarquable, sur-tout, par le naturel et la vérité qui y règnent, et dont plusieurs fragmens ont été livrés récemment à l'impression. Il y annonce à une sœur dont la tendresse devait si justement s'alarmer, son parfait rétablissement : mais déjà, sans doute, le coup fatal était porté. Cependant, un bâtiment envoyé de France rapporta à Saint-Louis une partie des objets d'art perdus par le naufrage, et dont l'expédition ne pouvait se passer. Une course fut ordonnée dans l'intérieur des terres. M. Brédif saisit avec empressement l'occasion d'étudier une contrée nouvelle pour la science, et qui devait si vivement exciter sa curiosité. Mais, après quelques jours d'une marche pénible, arrivé à la moitié de la course, et ayant déjà recueilli une foule de notes intéressantes dont il a envoyé un extrait à sa famille, il fut attaqué d'une cruelle dysenterie dont il avait déjà ressenti les atteintes avant son départ, et, ramené mourant à Saint-Louis, il expira bientôt, le 1er. janvier 1818, en prononçant les noms de sa sœur et de ses frères, dont rien n'adoucira les regrets. Il était à peine âgé de trente-un ans.

Ainsi périt, à la fleur de l'âge, un jeune ingénieur dont les talens auraient, sans doute, un jour, honoré le Corps qui l'avait adopté. Ce n'est pas sur le sol de la patrie qu'il a succombé, au milieu des fonctions paisibles de son état, entouré d'amis et de parens désolés; c'est sur une terre étrangère, à huit cents lieues de la France, privé de la dernière consolation des mourans, sans un ami qui pût lui fermer les yeux! C. N. A.

Note des Rédacteurs des Annales.

Comme sous-directeur de l'établissement de Pescy, M. Bré-

dif était particulièrement chargé du lever et de la confection des plans souterrains des mines de Pesey et de Macot, ainsi que des opérations géométriques relatives à la direction à donner aux différentes parties des travaux. Il a fait preuve d'un talent remarquable dans cette partie de la science de l'ingénieur des mines, par plusieurs opérations délicates dont les résultats ont correspondu, avec une précision rare, à ceux qu'il avait déterminés d'avance. Il était encore chargé du laboratoire et des essais docimastiques de Pesey, ainsi que de la rédaction des rapports sur les opérations métallurgiques. Enfin il s'occupait toujours de recherches minéralogiques : on lui doit la découverte d'indices d'argent natif et d'argent antimonié sulfuré dans la galène de Pesey.

Au Sénégal, où les suites du naufrage et les maladies eurent bientôt diminué le nombre des officiers disponibles, M. Brédif fut d'abord chargé par M. le commandant pour le Roi, lors de la remise de la colonie, de diverses opérations étrangères au service des mines, dont il s'acquitta avec autant de zèle que d'intelligence. Les lettres qu'il a écrites, pendant le long espace de temps qu'il fut alors obligé de passer à Saint-Louis, prouvent le désir ardent et l'espérance qu'il a toujours conservés de rendre sa mission, et particulièrement ses voyages dans l'intérieur des terres, utiles aux sciences et à l'industrie minérale. Dans une première course, il remonta le fleuve jusqu'à Pador, c'est-à-dire de soixante lieues. « Jusqu'à » vingt-cinq lieues de son embouchure, écrivait-il le 12 juin » 1817 à M. l'inspecteur général Gillet de Laumont, les » terres des bords du fleuve sont basses et salées ; plus loin, le » terrain s'élève un peu, et il n'est plus inondé, pendant la » saison des pluies, que d'eau douce comme en Égypte. M. le » gouverneur, qui a vu les bords du Gange, ne les trouve pas » plus fertiles que ne pourraient l'être ceux du Sénégal ; tout » pourra y réussir, etc. »

Dans le voyage de Galam, entrepris en octobre 1817, l'expédition n'a pu remonter que jusqu'à moitié chemin, c'est-à-dire, à cent vingt-cinq lieues de Saint-Louis. Pendant ce trajet, M. Brédif, consultant plus son zèle que ses forces, quitta à plusieurs reprises ses compagnons de voyage, pour faire dans l'intérieur des montagnes des courses de plusieurs jours. Il recueillit dans ses courses plusieurs échantillons intéressans de minéraux qui sont parvenus en France, et qui sont déposés dans les collections de l'École royale des mines. Il

résulte de l'examen de ces échantillons et des notes que M. Brédif y a jointes, que le pays qui s'étend entre la rive droite du Sénégal et Rufisque, vers l'embouchure de la Gambie, est peu élevé et faiblement montueux. Le fond général du sol est composé de calcaire secondaire d'un blanc jaunâtre. Au-dessus reposent, en couches horizontales, des grès et des sables quarzeux, souvent ferrugineux, et contenant même des rognons très-riches de fer hydraté ou oxidé. Par-dessus le tout on rencontre des lambeaux plus ou moins considérables de couches volcaniques incontestables. Ces lambeaux couronnent l'île de Gorée et la presqu'île du Cap-Vert; ils forment, un peu plus au nord et sur la côte, *les Petites Mamelles;* enfin ils constituent les plateaux d'une chaîne basse qui borde la rive droite du Sénégal, à soixante-dix lieues environ de son embouchure. Les roches composantes sont basaltiques, savoir tuf, brèches, dolérites boursoufflées, basaltes, et scories très-fraîches. Du reste, le contrées qui bordent la rive gauche du fleuve présentent des plaines assez basses, formées de sables quarzeux, souvent salis par de l'oxide rouge ou de l'hydrate de fer.

M. le commandant pour le Roi au Sénégal, qui, pendant dix-huit mois, a eu pour M. Brédif toutes les bontés d'un père, et qui a reçu ses derniers soupirs, vient de remplir la généreuse tâche qu'il s'était imposée auprès du lit de mort de notre jeune camarade, et d'accomplir le dernier des vœux du mourant, en obtenant, pour la malheureuse sœur à laquelle il avait voué son existence, des secours du Gouvernement.

ANNONCE.

M. *Compagnoni* vient de traduire de l'italien en français, sous les yeux de l'auteur, à Milan, les *Institutions géologiques* de M. Scipion Breislak, inspecteur des poudres et salpêtres, membre de l'Institut impérial et royal de Lombardie, de l'Académie royale des sciences de Turin, de celle italienne des sciences et des lettres, etc.

Cet ouvrage est composé de trois volumes, divisés en huit livres et en cent trente-trois chapitres, avec un atlas représentant, en cinquante-six planches, les vues des montagnes volcaniques les plus connues du globe.

L'auteur examine, dans le 1er. volume, l'hypothèse de la *fluidité aqueuse primitive du globe*, puis celle de la *fluidité ignée*, et propose son hypothèse particulière; il traite ensuite des roches produites lors de la première consolidation terrestre.

Le second volume commence par l'examen des roches de transition secondaires, d'alluvions marines et des eaux douces; il traite ensuite de l'origine des inégalités de la superficie du globe et de celle des dépôts salins, combustibles et métalliques, puis des corps organiques fossiles, des phénomènes qu'ils présentent et de leurs rapports avec la géologie.

Le troisième volume est consacré à l'exposition des principales opérations des volcans et de leurs produits, et à l'examen des roches qui appartiennent à la formation trappéenne que l'auteur rapporte aux produits volcaniques contestés.

Ce dernier volume contient en outre une notice des volcans actuellement brûlans et des observations sur leurs phénomènes; un supplément sur les terrains ardens, un autre sur les volcans gazeux; enfin, l'ouvrage est terminé par une table raisonnée des matières et par l'explication des planches de l'atlas.

ORDONNANCES DU ROI,

CONCERNANT LES MINES,

RENDUES PENDANT LE SECOND ET LE TROISIÈME TRIMESTRES DE 1818.

Mines de houille de Mimet.

ORDONNANCE *du* 13 *mai* 1818, *portant que le sieur et la dame* Liotard *sont reçus opposans au décret du* 1er. *juillet* 1809, *lequel est déclaré comme non avenu relativement aux mines de houille situées dans la commune de Mimet, département des Bouches-du-Rhône; sauf aux parties à se pourvoir, devant qui de droit, pour l'exploitation desdites mines.*

Manufacture de magmats en la commune de Travecy.

ORDONNANCE *du* 20 *mai* 1818, *portant que le sieur* Jean-François Bertrand *est autorisé à établir en la commune de Travecy, département de l'Aisne, une manufacture de magmats, d'alun et de couperose.*

Mines de plomb des départemens du Gard et de la Lozère.

ORDONNANCE *du* 10 *juin* 1818, *relative à la renonciation qui a été faite de la concession des mines de plomb existantes dans plusieurs communes des départemens du Gard et de la Lozère.*

LOUIS, etc, etc., etc.

Sur le rapport de notre Ministre secrétaire d'état au département de l'intérieur;

Vu le décret du 16 juin 1818, par lequel il est fait concession, pour cinquante années consécutives, aux sieurs et de-

moiselle Bragouze de Saint-Sauveur, des mines de plomb existantes dans les communes de Saint-Sauveur et de Bonheur, département du Gard, et dans celles de Meyrneis (ville), et de Gatuzières, département de la Lozère;

La pétition présentée au préfet de la Lozère le 13 mars 1812, par le sieur Bragouze Saint-Sauveur, tant en son nom que comme fondé de pouvoirs de ses frères, concessionnaires desdites mines; ladite pétition ayant pour objet, 1°. d'obtenir la décharge de la redevance fixe à laquelle ils ont été imposés pour l'exercice 1811; 2°. de proposer leur renonciation à la concession desdites mines que leurs facultés pécuniaires ne leur permettent pas d'utiliser;

Le rapport de l'ingénieur des Mines du 1er. décembre 1817, sur l'état d'abandon absolu dans lequel, depuis 1789, les mines de Saint-Sauveur sont restées, par la suite de la mauvaise administration des premiers exploitans, portant que les nouveaux concessionnaires n'ont exécuté aucuns travaux sur ces mines, et proposant dans l'intérêt public d'accepter la renonciation offerte par ces concessionnaires;

L'arrêté du préfet de la Lozère du 9 décembre 1817;

La délibération du Conseil général des Mines, présidé par notre directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, et adoptée par lui;

Notre Conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. La renonciation des sieurs Antoine Bragouze de Saint-Sauveur, Louis Bragouze de Saint-Sauveur, Jean-Baptiste Bragouze de Saint-Sauveur, Louis-François Bragouze de Saint-Sauveur, et de dame Marie Bragouze de Saint-Sauveur, épouse du sieur Bourdier Larribal, à la concession qui leur a été accordée par décret du gouvernement, du 16 juin 1808, des mines de plomb existantes dans les communes de Saint-Sauveur et de Bonheur, département du Gard, et dans celles de Meyrneis (ville), et de Gatuzières, département de la Lozère, est acceptée, sauf les droits des tiers s'il en existe.

Art. II. Dans le cas de la demande nouvelle en concession de ces mines, les sieurs et demoiselle Bragouze de Saint-Sauveur ne pourront prétendre à aucune espèce d'indemnité.

Art. III. Il sera, par les préfets du Gard et de la Lozère, donné avis au public de cette renonciation, par des affiches et par l'insertion dans les journaux de ces départemens.

ART. IV. Les sieurs et demoiselle Bragouze de Saint-Sauveur se retireront par devers notre Ministre secrétaire d'état des finances, pour obtenir, s'il y a lieu, le dégrèvement de la redevance fixe à laquelle ils ont été imposés pour 1811.

ART. V. Nos Ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

ORDONNANCE du 10 juin 1818, portant autorisation de transformer la forge dite Bas-Fourneau, *sise en la commune de Fourmies, en un* Haut-Fourneau.

Forge, dite *Bas-Fourneau*, de la commune de Fourmies.

LOUIS, etc., etc., etc.

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

ART. Ier. La dame Leroy, veuve du sieur Jacques Joseph Hufty, propriétaire de la forge dite Bas-Fourneau, commune de Fourmies, canton de Trelon, arrondissement d'Avesnes, département du Nord, est autorisée à transformer ladite forge en un haut-fourneau, conformément aux plans de situation et de détails joints à sa demande, et annexés à la présente ordonnance, et à conserver le bocard à huit pilons et destiné à pulvériser les laitiers du haut-fourneau.

ART. II. L'impétrante exécutera fidèlement, sous peine de révocation de la présente autorisation, les clauses, charges et conditions énoncées au cahier des charges par elle souscrit le 31 août 1817, lequel demeurera pareillement annexé à la présente ordonnance.

ART. III. Elle payera, à titre de taxe fixe et pour une fois seulement, aux termes de l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, sur les mines et usines, la somme de 200 francs, qui sera versée dans le délai d'un mois, à partir de la date de l'ordonnance, entre les mains du receveur de l'arrondissement.

ART. IV. Nos Ministres secrétaires d'état aux départemens de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance.

Cahier des charges pour la conversion de la forge de Fourmies (dite Bas-Fourneau) *en un* Haut-Fourneau, *département du Nord.*

Art. Ier. L'impétrante fera usage de la permission octroyée dans le délai d'un an, à compter de la date de la notification.

Art. II. Les quatre foyers, tant d'affinerie que de chaufferie, seront immédiatement démolis après l'obtention de la permission.

Art. III. Il ne sera rien changé à la hauteur actuelle de la prise d'eau, et cette hauteur sera réparée d'après les règlemens.

Art. IV. Les constructions relatives à la hauteur, la conduite et la distribution du cours d'eau, seront exécutées sous la direction et surveillance des ingénieurs des Ponts et Chaussées du département; il sera dressé procès-verbal de la réception de ces ouvrages: expéditions dudit procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture du département du Nord et de la commune de Fourmies, pour y avoir recours au besoin, et il en sera donné avis à M. le directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

Art. V. Les constructions relatives aux machines, fourneaux et ateliers, seront exécutées sous la direction et la surveillance des ingénieurs des mines du département; il sera dressé procès-verbal dans les mêmes formes que ci-dessus, de la réception de ces ouvrages, ainsi que de la démolition des quatr e forges d'affinerie et de chaufferie.

Art. VI. L'impétrante n'entreprendra aucune extraction de minerai qu'après qu'elle aura obtenu les autorisations prescrites par la loi du 21 avril 1810, relativement à l'exploitation des mines et minières de fer.

Art. VII. L'impétrante ne pourra faire usage, pour laver ses minerais, que des cours d'eau qui lui seront désignés, tous autres ruisseaux, et notamment celui dit Petite Helpe, servant aux blanchisseries de la commune de Fourmies, lui sont interdits.

Art. VIII. L'impétrante payera, à titre de taxe fixe, con-

formément à l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, la somme qui sera déterminée par l'ordonnance à intervenir.

Art. IX. Elle tiendra sa nouvelle usine en activité constante, et elle ne la laissera pas chômer sans cause reconnue légitime par l'Administration.

Art. X. Elle ne pourra augmenter ni transformer son usine, ni la transférer ailleurs, ni rien changer à la hauteur de la prise d'eau, des empalemens, vannes et déversoirs, sans en avoir obtenu l'autorisation spéciale du Gouvernement, dans les formes prescrites par les lois et réglemens.

Art. XI. Conformément à l'article 36 du décret du 18 novembre 1810, l'impétrante fournira au préfet du département, tous les ans, et au directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, toutes les fois qu'il en fera la demande, les états certifiés des matériaux employés, des produits fabriqués et des ouvriers occupés dans l'usine.

Art. XII. L'impétrante se conformera aux lois et réglemens et ordonnances existans et à intervenir sur le fait des usines, sur l'exploitation des bois, et sur l'exploitation des minerais de fer, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'Administration des Mines, sur ce qui concerne l'exécution des réglemens de police, relatifs aux usines et à la sûreté des ouvriers.

Certifié conforme, etc., etc.

Ordonnance du 8 juillet 1818, portant réduction de la concession des mines de houille de Dauphin et Saint-Mayme.

Mines de houille de Dauphin et St.-Mayme.

Louis, etc., etc., etc.

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. L'étendue de la concession des mines de houille de Dauphin et Saint-Mayme, accordée au sieur comte Dumuy, par notre ordonnance du 25 septembre 1817, fixée à sept kilomètres carrés quatre vingt-quatre hectares, est et demeure définitivement réduite à sept kilomètres carrés trente-sept hectares.

Art. II. Cette concession est limitée ainsi qu'il suit, sa-

voir : à partir du clocher du Dauphin, par une ligne droite, menée de ce point sur le clocher de Saint-Mayme, du clocher de Saint-Mayme, par une ligne droite menée à une borne, plantée dans le grand Vallat à mille mètres de son embouchure dans la Largue; depuis cette borne par le grand Vallat jusqu'au Largue; par le Largue depuis l'embouchure du grand Vallat jusqu'à celle du ruisseau Ailhaut; de ce point par ledit ruisseau, en remontant jusqu'à une borne plantée à 600 mètres de l'embouchure du même dans le Largue; de cette borne par une ligne droite menée aux bastides de Biron; des bastides de Biron, par une autre ligne droite dirigée sur le Coutard, jusqu'au point où elle coupe le ruisseau qui sert, dans cette partie, de limites aux territoires de Manosque et Dauphin; de ce point, par le même ruisseau, jusqu'à son embouchure dans l'Osselet; jusqu'à celle du ruisseau de Saint-Martin de Senacas dit des Charbonnières, par ce dernier ruisseau jusqu'au point où il est coupé par une ligne droite menée des Gahe à Notre-Dame de Bage; de ce point, par la même ligne, jusqu'à Notre Dame de Bage; de Notre-Dame de Bage, par une ligne droite menée sur le clocher de Dauphin, point de départ.

Art. III. En conséquence, les articles 1 et 2 de notre ordonnance du 24 septembre 1817 sont et demeurent rapportés.

Art. IV. Le concessionnaire sera tenu de remettre à la préfecture dans six mois, à partir de la date de la présente ordonnance, le plan en triple expédition des limites et de l'étendue de sa concession définitivement fixées par les articles précédens.

Art. V. Notre Ministre secrétaire d'état de l'intérieur est chargé de l'exécution de la présente ordonnance.

Usine de Porzellan-Mühle.

Ordonnance du 15 *juillet* 1818, *portant autorisation de transformer un moulin à tabac, situé au lieu dit* Porzellan-Mühle, *en une usine destinée à diverses fabrications.*

Louis, etc., etc., etc.

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

Art. Ier. Le sieur Sarcelle est autorisé à transformer le

moulin à tabac qu'il possède au lieu dit Porzellan-Mühle, et sur le cours d'eau dit Ziegel-Wasser, dérivant du Rhin tortu, banlieue de Strasbourg, département du Bas-Rhin, en une usine pour la fabrication de l'acier cémenté, de poêlons en fer battu et en cuivre, d'instrumens aratoires et de grosses quincailleries, et au martinage de grosses barres de fer, en barres de petits échantillons.

Art. II. La consistance de cette usine est et demeure fixée à un fourneau de cémentation pour l'acier, à deux chaufferies pour le fer et le cuivre, avec un gros marteau et deux batteries de martinet, l'une double et l'autre quadruple.

Art. III. L'impétrant sera tenu de se conformer à l'arrêté du préfet, du 2 octobre 1815, qui détermine le volume d'eau dont il pourra disposer, et ordonne la construction du déversoir existant autrefois à l'origine du canal dit Ziegel-Wasser, de rétablir, latéralement à l'usine, un canal de décharge, qui pourra renfermer un coursier de manœuvre pour la roue des soufflets; dans le coursier de décharge, on placera une vanne ayant un mètre 30 centimètres de largeur, la même hauteur que celle de décharge actuelle, et dont le seuil aura le même niveau que celui de cette dernière.

Art. IV. Les constructions ordonnées en l'article précédent seront exécutées sous la surveillance des ingénieurs des Ponts et Chaussées de l'arrondissement.

Art. V. L'impétrant n'emploiera pour combustible que du bois venant de la rive droite du Rhin, de la houille ou de la tourbe.

Art. VI. Il soumettra ses projets de constructions, de feux et d'artifices à l'approbation de l'administration des Mines, et lorsque les constructions seront terminées, ce qui doit avoir lieu avant deux ans, à dater de la présente permission, il en fera dresser un plan en triple expédition, sur l'échelle d'un centimètre pour mètre, et l'adressera au préfet, à l'effet d'être certifié par l'ingenieur des Mines, et, s'il y a lieu, visé par le préfet, pour une expédition dudit plan être annexée à la minute de la présente ordonnance, et les deux autres, déposées aux archives de la préfecture et à la direction générale des Mines, pour y avoir recours au besoin.

Art. VII. Chacun des feux et artifices autorisés sera mis en activité à la fin des deux premières années de la date de la

permission, laquelle sera retirée pour chacun de ces feux et artifices qui n'aura pas été mis en activité à l'époque prescrite.

Art. VIII. Une nouvelle permission sera nécessaire, soit pour toute l'usine, soit pour une de ses parties, s'il survient, sans causes légitimes, un chômage prolongé, soit de toute l'usine, soit d'une de ses parties.

Art. IX. Il est interdit à l'impétrant de transférer ou transporter son usine, telle qu'elle sera établie en vertu de la présente ordonnance, ou d'y faire des augmentations de feux ou d'artifices sans une nouvelle permission.

Art. X. Conformément à l'article 36 de l'acte du Gouvernement du 18 novembre 1810, l'impétrant fournira au préfet tous les ans, et au directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines, chaque fois qu'il en fera la demande, les états certifiés des matériaux employés, des produits fabriqués et des ouvriers occupés dans son usine.

Art. XI. Il se conformera, dans l'exploitation de ladite usine, aux règlemens de police intervenus et à intervenir, tant sur les usines que sur les cours d'eau, et aux instructions qui lui seront données par l'Administration des Mines, sur tout ce qui concerne l'exécution des lois et règlemens.

Art. XII. Il se soumettra à la visite de son usine par les préposés des douanes, toutes les fois qu'ils le jugeront nécessaire, pour s'assurer si elle ne donne lieu à aucun abus sous le rapport de leur service.

Art. XIII. La présente permission sera retirée et l'usine supprimée, lorsque ces préposés y auront constaté quelques contraventions aux lois et règlemens sur les douanes, et que ces contraventions auront été reconnues par le directeur général des Douanes et notre Ministre secrétaire d'état des finances.

Art. XIV. L'impétrant payera, conformément à l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, à titre de taxe fixe et pour une fois seulement, entre les mains du receveur de l'arrondissement, la somme de 300 francs, savoir : 100 francs pour l'établissement du fourneau de cémentation et 100 francs pour chacun des feux de la chaufferie.

Art. XV. Toute contravention aux articles 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 de la présente ordonnance, entraînera la suppression de l'usine.

ART. XVI. Nos Ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances, sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au bulletin des lois.

ORDONNANCE du 15 juillet 1818, portant autorisation de reconstruire une forge à la Catalane *en la commune d'Ustou.*

Forge à la Catalane de la commune d'Ustou.

LOUIS, etc., etc., etc.

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

ART. Ier. Le sieur Melchior François, et Jacques de Saint-Jean de Pointis frères, et la demoiselle Jacquette de Saint-Jean de Pointis, épouse du sieur Delpla, leur sœur, sont autorisés à reconstruire sur la rivière d'Aleth, conformément aux plans joints à la présente ordonnance, le bas-fourneau, dit Forge à la Catalane, qu'ils possédaient en la commune d'Ustou, canton d'Oust, arrondissement de Saint-Gérens, département de l'Ariège.

ART. II. Ils feront usage de la présente autorisation, dont la durée est fixée à cent années, dans le délai d'un an à partir du jour de sa signification.

ART. III. Les constructions relatives au cours d'eau seront exécutées sous la surveillance des ingénieurs des Ponts et Chaussées du département, lesquels en dresseront procès-verbal lors de leur achèvement :

Expéditions de ce procès-verbal seront déposées aux archives de la préfecture de l'Ariège et de la commune d'Ustou, et il en sera donné avis à la direction générale des Ponts et Chaussées et des Mines.

ART. IV. Les constructions relatives aux machines et au fourneau seront exécutées sous la surveillance des ingénieurs des Mines départis, qui dresseront procès-verbal de la réception de ces ouvrages après leur achèvement, dans les mêmes formes qu'en l'article précédent.

ART. V. Les impétrans s'approvisionneront de minerai à la mine de fer de Rancié, située dans la vallée de Vic-Dessos. Dans le cas, où par la suite, ils jugeraient plus avantageux de

prendre des minerais dans des mines qui ne seraient point actuellement exploitées, ils n'entreprendront aucune extraction dans ces mines avant d'en avoir obtenu la concession.

Art. VI. Ils tiendront leur usine en activité constante, et ils ne la laisseront pas chômer sans cause reconnue légitime par l'Administration.

Art. VII. Ils ne pourront augmenter ni transformer leur usine, ni la transférer ailleurs, ni rien changer à la prise d'eau, sans en avoir obtenu l'autorisation spéciale du Gouvernement, dans les formes voulues par les lois et règlemens.

Art. VIII. Conformément à l'article 36 de l'acte du Gouvernement du 8 novembre 1810, les impétrans fourniront au préfet, tous les ans, et à notre directeur général des Mines toutes les fois qu'il en fera la demande, les états certifiés des matériaux consommés, des produits fabriqués et des ouvriers employés dans l'usine.

Art. IX. Ils payeront, à titre de taxe fixe, et pour une fois seulement, en vertu de l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, une somme de 150 francs, laquelle sera versée dans la caisse du receveur général de l'Ariége, dans le délai d'un mois à compter de la notification de la présente ordonnance.

Art. X. Les impétrans se conformeront aux lois, règlemens et ordonnances existans ou à intervenir sur le fait des usines, l'exploitation des bois, les redevances fixes et proportionnelles sur les mines, ainsi qu'aux instructions qui leur seront données par l'Administration des Mines, sur ce qui concerne les règlemens de police relatifs aux usines et à la sûreté des ouvriers.

Art. XI. En cas de contravention aux charges et conditions précédentes, la révocation de la permission pourra être poursuivie conformément à l'article 77 de la loi sur les mines, du 21 avril 1810.

Art. XII. Nos Ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au bulletin des lois.

ORDONNANCE du 26 août 1818, portant que le sieur Jean-Frédéric Rochet *est autorisé à ajouter à son usine à fer, située à Bèze, département de la Côte-d'Or, un laminoir avec deux fours à chauffer, lesquels, ainsi que le laminoir, seront construits et mis en activité, dans le délai d'un an, à dater de la notification qui leur sera faite.*

Augmentation à l'usine à fer située à Bèze.

ORDONNANCE du 26 août 1818, portant autorisation, en faveur des sieurs Pierre-Daniel Pélissier, Frédéric Garnier *et* Jacques-François Toupense, *de construire au hameau de Château-le-Bas, commune de Treminy, département de l'Isère, une verrerie pour la fabrication du verre blanc, composée d'un hangar renfermant le grand fourneau pour la fusion, et les quatre fours latéraux pour la recuite du verre et la préparation des matières premières.*

Verrerie du hameau de Château-le-Bas.

ORDONNANCE du 9 septembre 1818, portant permission d'établir deux fabriques d'acier sur le territoire de la commune de Foix.

Fabriques d'acier de la commune de Foix.

LOUIS, etc., etc., etc.

Notre Conseil d'État entendu;

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit:

ARTICLE Ier. Il est permis au sieur Ruffié d'établir, dans ses propriétés, sur le territoire de la commune de Foix, département de l'Ariège, 1°. une fabrique d'acier composée de deux fourneaux de cémentation, et située sur la rive droite de la rivière de l'Arget, auprès des forges et martinets appartenant

audit sieur Ruffié; 2°. une fabrique d'acier corroyé, de faux, limes et autres objets de taillanderie, composée de huit feux de chaufferie et de huit autres tournans de martinets, située sur la rive gauche de l'Arget, à 150 mètres au-dessous des mêmes forges, le tout conformément aux plans fournis à l'appui de la demande du sieur Ruffié, vérifiés par les ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines, et visés par le préfet; et aux charges et conditions suivantes.

Art. II. Les usines seront mises en activité dans le délai d'un an, à partir de la date de la présente ordonnance. Il sera cependant accordé un délai de trois ans, pour la construction de l'un des deux fourneaux de cémentation.

Art. III. Pour l'établissement de l'usine à corroyer l'acier et à fabriquer les faux, limes, etc., le sieur Ruffié sera autorisé à établir sur la rivière de l'Arget, un barrage et une prise d'eau figurés sur les plans et profils joints à sa demande, et à creuser, sur sa propriété, le canal d'amenée, le réservoir et le canal de fuite aussi figurés sur les plans et nécessaires au roulis de l'usine précitée.

Art. IV. Les constructions relatives à la retenue et à la distribution des eaux seront faites sous la direction et surveillance des ingénieurs des Ponts et Chaussées. Après l'achèvement des ouvrages, il en sera dressé procès-verbal, pour constater que l'état des lieux est conforme aux dispositions de l'article précédent. Expéditions de ce procès-verbal seront déposées à la Préfecture du département de l'Ariège, à la mairie de Foix, et adressées à notre directeur général des Ponts et Chaussées et des Mines.

Art. V. Les constructions relatives aux fourneaux et machines seront exécutées sous la surveillance des ingénieurs des Mines. Il sera dressé procès-verbal de la vérification des ouvrages après leur achèvement, dans la même forme que ci-dessus.

Art. VI. L'impétrant ne pourra, en aucun temps, ni sous aucun prétexte, augmenter son usine ou la transférer ailleurs, ou en changer la nature, ni rien changer à la hauteur ou aux dimensions des prises d'eau, vannes et déversoirs, sans en avoir obtenu l'autorisation du Gouvernement, dans les formes prescrites par les lois et réglemens.

Art. VII. L'impétrant n'emploiera dans ses fourneaux

d'autres combustibles que de la houille, excepté pour la trempe des faux, et comme cément dans la fabrication de l'acier, opérations dans lesquelles il sera libre d'employer le combustible qui lui conviendra le mieux.

Art. VIII. Il ne pourra dans aucun temps prétendre à indemnité ni dédommagement, dans le cas où le Gouvernement ferait, dans des vues d'intérêt public, des changemens à la disposition du cours de l'Arget, qui occasionneraient le chômage des usines.

Art. IX. Conformément au décret du 18 novembre 1810, l'impétrant fournira au préfet, tous les ans, et au directeur général des Mines, toutes les fois qu'il en fera la demande, des états certifiés des matériaux consommés, des produits fabriqués et des ouvriers occupés dans ses usines.

Art. X. L'impétrant tiendra ses usines en activité constante, et ne les laissera pas chômer sans cause légitime, reconnue par l'Administration.

Art. XI. Dans le délai d'un mois à partir de la date de la présente ordonnance, l'impétrant payera, conformément à l'article 75 de la loi du 21 avril 1810, 50 francs pour chaque fourneau de cémentation, et 200 francs pour l'usine à corroyer l'acier et à fabriquer les faux, ou en total une somme de 300 francs, entre les mains du receveur général du département de l'Ariège.

Art. XII. L'impétrant se conformera aux lois et règlemens existans ou à intervenir, sur le fait des usines, ainsi qu'aux instructions qui lui seront données par l'Administration de Mines, sur tout ce qui concerne l'exécution des règlemens de police relatifs aux usines et à la sûreté des ouvriers.

Art. XIII. En cas d'inexécution des charges ci-dessus prescrites, ou de contravention aux lois et règlemens, il y aura lieu à poursuivre la révocation de la permission, conformément à l'article 77 de la loi du 21 avril 1810.

Art. XIV. Nos Ministres secrétaires d'état de l'intérieur et des finances sont chargés de l'exécution de la présente ordonnance.

Verrerie en la commune d'Anzin.

ORDONNANCE du 30 septembre 1818, portant que le sieur Désandronin *est autorisé à construire, en la commune d'Anzin, département du Nord, une verrerie, consistant en deux fours, composés chacun de huit pots, dont sept pour le verre à vitres et un pour le verre à bouteilles.*

Verrerie en la commune d'Anzin.

ORDONNANCE du 30 septembre 1818, portant que le sieur Eugène Dorlodat *est autorisé à construire, en la commune d'Anzin, département du Nord, une verrerie à vitres et à bouteilles, consistant en un four à six pots.*

TABLE DES MATIÈRES
CONTENUES DANS CE VOLUME.

Avec cinq Planches :

FIN DE LA TABLE DU TROISIÈME VOLUME.

ERRATA.

Page 270, ligne 12. A la surface du dépôt ou forment des efflorescences; *lisez :* A la surface du dépôt où ils forment des efflorescences.

Page 297, lignes 20 et 21. Si le sulfate de fer, déplacé dans sa cristallisation, a assez d'énergie pour paralyser; *lisez :* Si le sulfate de fer déploie dans sa cristallisation assez d'énergie pour paralyser.

FORMES CRISTALLINES DE LA STRONTIANE CARBONATÉE ET DE L'ARRAGONITE.

Fig. 1.

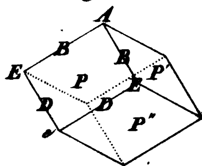


Fig. 2.

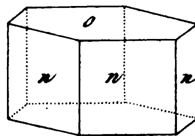


Fig. 3.

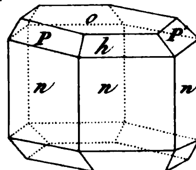


Fig. 4.

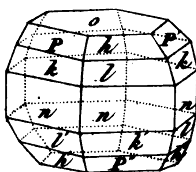


Fig. 5.

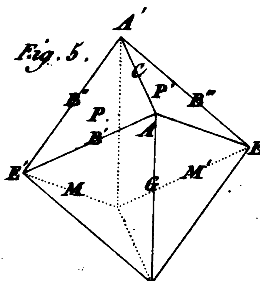


Fig. 6.

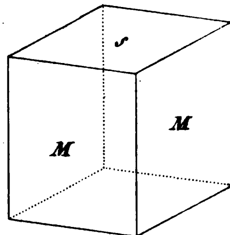


Fig. 8.

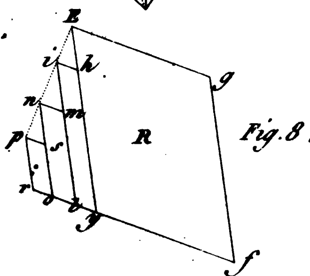


Fig. 7.

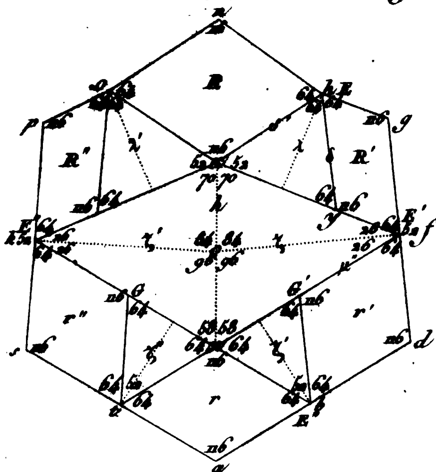
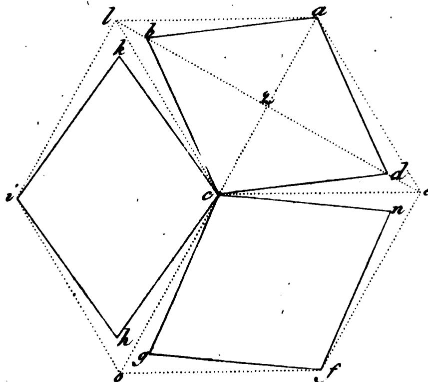


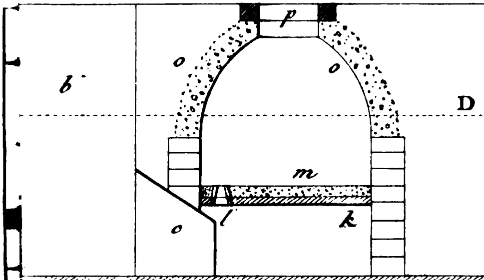
Fig. 9.



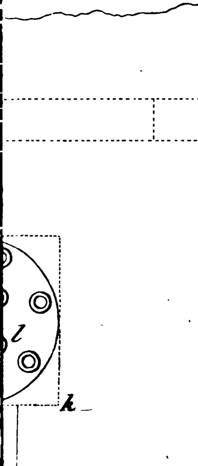
N. L. Rousseau Sculp.

I JEMMAPE.

Fig. 5. Coupe verticale suivant la ligne G H



...rticales.



5 Mètres

Grand Pot.

Coupe

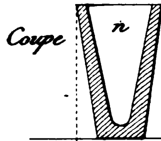


Fig. 6.

Plan



Fig. 10 Echelle

1 2 3 4 5 Décim.

Baze.

Coupe



Fig. 7.

Plan



Fig. 11 Echelle

1 2 Déc.

Dun...

N. L. Rousseau, Sculp.

RISTAUX.

Fig. 1.

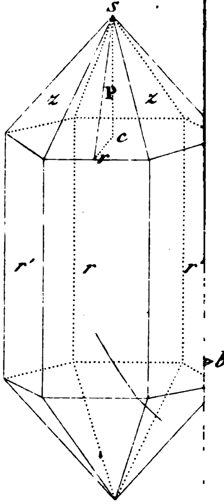


Fig. 4.

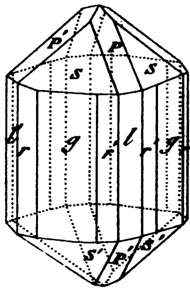
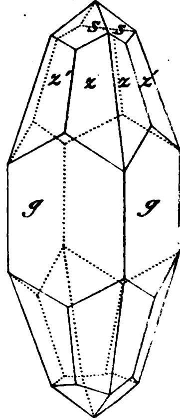


Fig. 6.



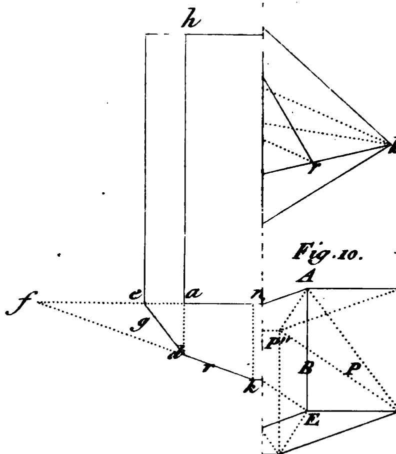


Fig. 10.

Fig. 12.

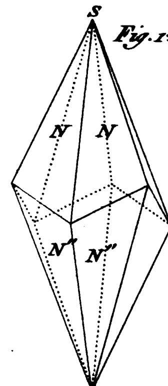


Fig. 8.

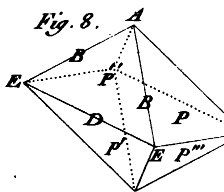
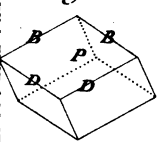
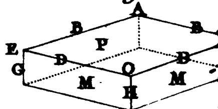


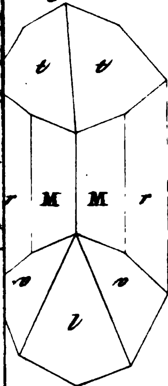
Fig. 11.

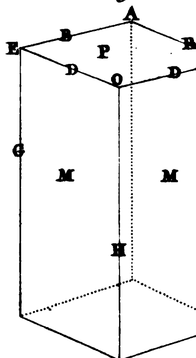


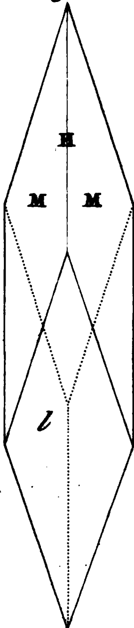
N. L. Rousseau, Sculp.

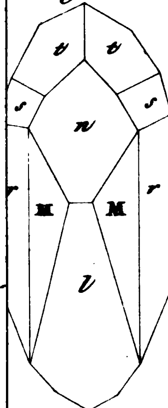
ROMATÉ.

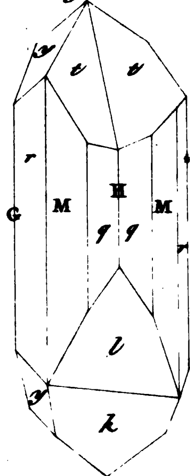


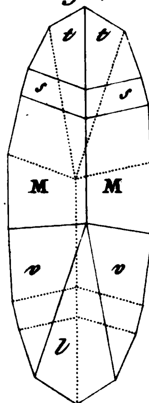


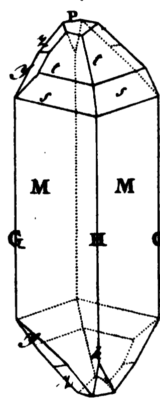












N. L. Rousseau Sculp.

SUR LA THÉORIE DES MACHINES HYDRAULIQUES.

Fig. 1.

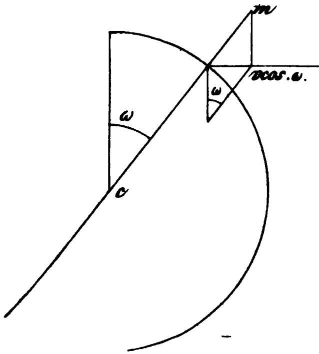


Fig. 2.

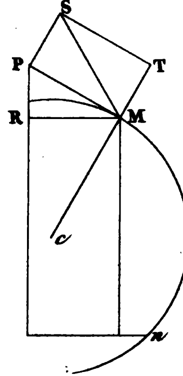


Fig. 3.

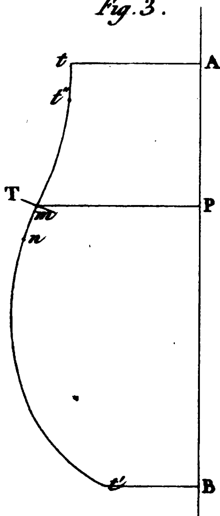
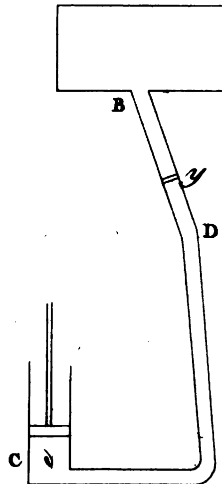
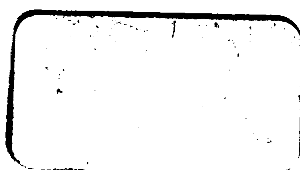


Fig. 4.



N. L. Rousseau Sc.







À LA THÉORIE DES MACHINES HYDRAULIQUES.

Fig. 1.

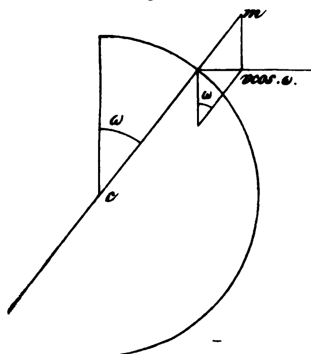


Fig. 2.

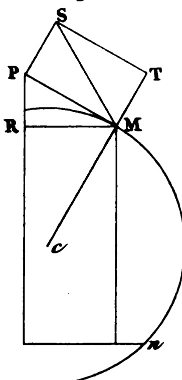


Fig. 3.

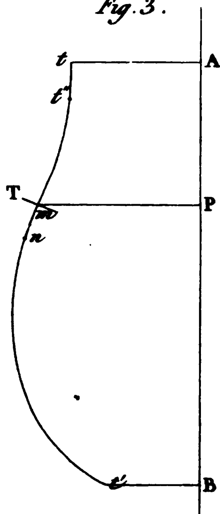
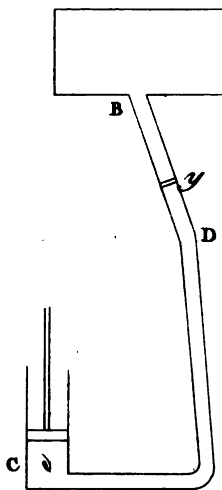


Fig. 4.



N. L. Rousseau Sc.



